

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY
ГРУЗИНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ყოველკვარტალური გამოცემა
QUARTERLY PUBLICATION
ЕЖЕКВАРТАЛЬНОЕ ИЗДАНИЕ

ISSN 1512-0996

ურობები
WORKS
ТРУДЫ

N1 (499)



თბილისი – TBILISI – ТБИЛИСИ

2016

დაარსებულია 1924 წელს.
პერიოდულობა - 4 ნომერი წელიწადში.

საქართველოს ჟეჟნიკური უნივერსიტეტის სამეცნიერო შრომების კრებული არის ყოველკვარცაღური რეფერირებადი პერიოდული გამოცემა, რომელიც რეგისტრირებულია რამდენიმე საერთაშორისო მონაცემთა ბაზაში.

ყველა უფლება დაცულია. ამ კრებულში გამოქვეყნებული ნებისმიერი სტატიის (ჟეჟსტი, ფოტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) გამოყენება არც ერთი ფონდითა და საშუალებით (ელექტრონული თუ მექანიკური) არ შეიძლება გამომცემლის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.

ავტორი (ავტორები) პასუხისმგებელია სტატიის შინაარსზე და საავტორო უფლებებისა და სამეცნიერო ეთიკის საყოველთაოდ მიღებული სხვა ნორმების დაცვაზე.

სტატიის ავტორის (ავტორების) პოზიციის შეიძლება არ ემთხვეოდეს საგამომცემლო სახლის პოზიციას.

საგამომცემლო სახლი „ჟეჟნიკური უნივერსიტეტი“ გუღწრფელი მაღლიერებით მიიღებს ყველა კონსტრუქციულ შენიშვნას, წინადადებას და გამოიყენებს საქმიანობის შემდგომი სრულყოფისათვის.

მოგვწერეთ:
sagamomcemlosakhli@yahoo.com

შთაშარი რეღაქტორი

ა. ფრანგიშვიდი

შთაშარი რეღაქტორის მოღავეილები:

ღ. კდიმიაშვიდი

ბ. გასიწაშვიდი

სურეღაქტორი კოლეგია:

ა. აბრადავა, გ. აბრამიშვიდი, ა. აბშიდავა,
თ. ამბროლაძე, ე. ბარათაშვიდი, თ. ბაციკაძე,
ჯ. ბერიძე, ს. ბიელეცკი (პოლონეთი),
პ. ბიელიკი (სლოვაკეთი), თ. გაბადაძე,
ჯ. გახოვიძე, თ. გეღაშვიდი, ა. გიგინეიშვიდი,
გ. გობში (გერმანია), ად. გრიგოლიშვიდი,
ედ. ეღიბზარაშვიდი, ს. ესაძე, ვდ. ვარდოსანიძე,
უ. ზვიადაძე, თ. ზუმბურიძე, პ. ზუნკელი (ავსტრია),
ღ. თავხელიძე, პ. თოდუა (რუსეთი), ბ. იმნაძე,
ო. კვესელავა, ფ. კვიციანი, ა. კვევადიკი (ესტონეთი),
ბ. კვიციაძე, თ. ღომინაძე, ი. ღომიძე,
ა. მამაღისი (საბერძნეთი), მ. მაცაბერიძე,
თ. მეგრელიძე, მ. მესხი, ა. მონღონელიძე,
ღ. მძინარიშვიდი, ღ. ნაწროშვიდი,
ნ. ნაწვღიშვიდი, შ. ნემსაძე, ღ. ნოზაძე,
გ. საღუქვაძე, ქ. ქოქრაშვიდი, ე. ქუთელია,
ა. შარვაშიძე, ს. შმიღცი (გერმანია),
პ. შწროერი (გერმანია), მ. ჩხეიძე,
ბ. წვერიაძე, თ. ჯაგოღნიშვიდი, თ. ჯიშკარიანი,

© საგამომცემლო სახლი „ჟეჟნიკური უნივერსიტეტი“, 2016

ISSN 1512-0996



Verba volant,
scripta manent

Founded in 1924.
Published in quarterly editions.

Georgian Technical University's Collection of Academic Works is a quarterly refereed periodical included in several international journal lists.

All rights reserved. No material appearing in this publication (texts, images, illustrations and other visual) can in any form or by any means (electronic or manual) be used by other parties without prior written consent of the publisher.

Infringement of copyright is punishable by law.

Author (authors) is (are) responsible for content of the article as well as protection of copyright and compliance with generally accepted norms of academic ethics.

Judgements of the author (authors) and the publishing house may vary.

Publishing House "Technical University" is open to constructive feedback and ideas for the purpose of continuous improvement.

Contact us:
sagamomcemlosakhli@yahoo.com

Editor in Chief
A. Prangishvili

Deputy Editors in Chief
L. Klimiashvili
Z. Gasitashvili

Editorial Board:

A. Abzalava, G. Abramishvili, A. Abshilava,
T. Ambroladze, E. Baratashvili, T. Batsikadze, J. Beridze,
S. Bielecki (Poland), P. Bielik (Slovakia), M. Chkheidze,
E. Elizbarashvili, S. Esadze, T. Gabadadze,
J. Gakhokidze, O. Gelashvili, A. Gigineishvili, G. Gobsch
(Germany), Al. Grigolishvili, B. Imnadze, T. Jagodnishvili,
T. Jishkariani, A. Keevalik (Estonia), Z. Kiknadze,
K. Kokrashvili, E. Kutelia, I. Kveselava, T. Kvitsiani,
T. Lominadze, I. Lomidze, A.G. Mamalis (Greece),
M. Matsaberidze, L. Mdzinarishvili, T. Megrelidze,
M. Meskhi, A. Motzonelidze, D. Natroshvili,
N. Natsvlashvili, Sh. Nemsadze, D. Nozadze,
G. Salukvadze, H. Stroher (Germany), H. Sunkel
(Austria), S.M. Schmidt (Germany), A. Sharvashidze,
D. Tavkhelidze, P. Todua (Russia), Z. Tsveraidze,
Vl. Vardosanidze, O. Zumburidze, U. Zviadadze.

© Publishing House "Technical University", 2016



Учрежден в 1924 году.
Периодичность – 4 номера в год

Сборник научных трудов Грузинского технического университета является ежеквартальным реферируемым периодическим изданием, которое зарегистрировано в нескольких международных базах данных.

Защищены все права. Любую опубликованную в данном сборнике статью (текст, фото, иллюстрации) невозможно использовать ни одной из форм или средствами (электронными или механическими) без письменного разрешения издателя.

Нарушение авторских прав наказуемо законом.

Автор (авторы) несет ответственность за содержание статьи и защиту всеобщих принятых норм научной этики и авторских прав.

Мнение автора (авторов) статьи может не совпадать с мнением Издательского дома.

Издательский дом «Технический университет» с благодарностью учит все конструктивные замечания, предложения и использует их для совершенствования дальнейшей деятельности.

Пишите:
sagomomcemlosakhli@yahoo.com

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ

А.И. Прангишвили

ЗАМ. ПРЕДСЕДАТЕЛЯ:

Л.Д. Климиашвили

З.А. Гаситашвили

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

А.Г. Абралава, Г.С. Абрамишвили, А.В. Абшилава,
Т.А. Амброладзе, Е.Ш. Бараташвили, Т.В. Бацакадзе,
С. Биелецки (Польша), П. Биелик (Словакия),
Дж.Л. Беридзе, Вл.Г. Вардосанидзе, Т.Г. Габададзе,
Дж.В. Гахокидзе, О.Г. Гелашвили,
А.В. Гигинеишвили, Г. Гобш (Германия),
Ал.Р. Григолишвили, Т.А. Джагоднишвили,
Т.С. Джишкариани, У.И. Звиададзе, О.Г. Зумбуридзе,
Г. Зункел (Австрия), Б.Л. Имнадзе, И.С. Квеселава,
Т.А. Квициани, А. Кеевалик (Эстония),
З.Г. Кикнадзе, К.А. Кокрашвили, Е.Р. Кутелия,
И.Б. Ломидзе, Т.Н. Ломинадзе, А. Мамалис (Греция),
М.И. Мацаберидзе, Л.Д. Мдзинаришвили,
Т.Я. Мегрелидзе, М.А. Месхи, А.Н. Моцонелидзе,
Д.Г. Натрошвили, Н.В. Нацвлишвили,
Ш.А. Немсадзе, Д.А. Нозадзе, Г.Г. Салуквадзе,
Д.Д. Тавхелидзе, П. Тодуа (Россия), З.Н. Цвераидзе,
М.М. Чхеидзе, А.М. Шарвашидзе,
С. Шмидт (Германия), Г. Штроер (Германия),
Э.Н. Элизбарашвили, С.Ю. Эсадзе

© Издательский дом «Технический университет», 2016

ISSN 1512-0996



Verba volant,
scripta manent

შინაარსი

აბრარული და ბიოლოგიური მემკვიდრეობა

ნ. ბაღათურია, ლ. ქაჯაია, ნ. გილაური. ველურად მზარდი ღვინის გამომწვავა	11
ნ. ბაღათურია, ლ. ქაჯაია, ნ. ილურიძე. ველურად მზარდი ღვინის ნედლეულის ქიმიურ-ტექნოლოგიური მანკვინებები	17

ბიზნესი, მართვა და აღრიცხვა

ე. მოწონელიძე, რ. ქუთათელაძე. სახელმწიფო-კერძო პარტნიორობის მნიშვნელობა სამედიცინო მომსახურების ხელმისაწვდომობის გაუმჯობესების საქმეში	23
ე. შილაკაძე. ინოვაციური მენეჯმენტი და მცირე და საშუალო საწარმოები	30

ქიმიური მრეწველობა და ტექნოლოგიები

ზ. სიმონგულაშვილი, გ. ქურდაძე, რ. აბესაძე, ბ. მაისურაძე. სილიკონბანანუმის ოპტიმალური შედგენილობის შერჩევა, რომელიც უზრუნველყოფს მანბანუმის სასარგებლო გამოყენების ბაზრდას	42
ი. კახნიაშვილი, ლ. ჩხიკვაძე, ზ. ოქროსცვარიძე, თ. წილოსანი. ღარიშხანის და ოქროშემცველი სულფიდური ნედლეულიდან ღარიშხანისა და ოქროს ამოღების შესაძლებლობის კვლევა	49

ქიმიკა

დ. ჯინჭარაძე, ლ. ებანოძე, ნ. ბოკუჩავა. გუნებრივი “მშრალი“ კელიოდ “ფსოველის“ მინერალოგიური შედგენილობის ფიზიკურ-ქიმიური შესწავლა	54
--	----

კომპიუტერული მემკვიდრეობა

ტ. ბურკაძე, ჯ. ბერიძე. ინფორმაციული ტექნოლოგიებისა და ინფორმაციული ბარემოს განვითარება გლობალური ინფორმაციული საზოგადოების ჩამოყალიბების გზაზე	61
--	----

ეკონომიკა, ეკონომეტრიკა და ფინანსები

ე. კობალეიშვილი, მ. ბარათაშვილი, ი. ქაშაკაშვილი, ო. ბარბაქაძე, თ. ლოლაძე, რ. ბაქრაძე, ზ. ფარჩუკაშვილი. ბენიტიური თუქის საკონსტრუქციო სიმტკიცის ბაზრდა შენადნობის ქიმიური შედგენილობის, თერმული დამუშავებისა და ბრაფიტის სფერული ფორმის მიღების სრულყოფით	68
---	----

ინჟინერია

მ. მესხი, ს. ფირალიშვილი, რ. ინაძე. ღროიში რიზის წვერთა შორის ოპტიმალური ინტერვალის დადგენა 79

მ. მესხი, ს. ფირალიშვილი, რ. ინაძე. ენბურჰმის წყალსაცავში წყლის დონის ცვლილებაზე კაშხლის რეაქციის დროის კვლევა 88

დ. თაყეულიძე, მ. ჯანიკაშვილი, ზ. მჭედლიშვილი. კიბემაკალი მანქანის კორპუსის შემავრთბელი დეროების საკუთარი სისწირების განსაზღვრა..... 98

მ. ბაკაშვილ-ანთელავა, ს. მეზონია. რადიალურ-საჯედი მანქანების ტექნოლოგიური შესაძლებლობები..... 105

მასალათმცოდნეობა

თ. ესაძე, ხ. ლეჟავა. ნანოდისპერსიული ნატრიუმის სილიკატის კომპოზიციურ მჭიდარზე დამზადებული მხურვალეფები ბეტონი 113

ა. ჩიქვანი, თ. ესაძე, ხ. ლეჟავა. ბეტონის სულფატური კოროზია..... 119

ი. აბდუშელიშვილი, ვ. კობალეიშვილი. 40AΓQT ფოლადის გზარმეღობა..... 126

ზ. კოვირიძე, ნ. ნიჟარაძე, მ. ბალახაშვილი, ზ. მესტერიშვილი. ბრაზიტის ნანოფხვნილის ბავლენა CaO-MgO-SiO₂ სისტემის კომპოზიტზე ცემენტისა და მეთალურბიული ღუმლების მაღალტემპერატურული ამონაბებისათვის..... 132

ზ. კოვირიძე, ნ. ნიჟარაძე, გ. ტაბატაძე, ზ. მესტერიშვილი, ნ. დარახველიძე. ალუმინთერმული და აზოტირების მეთოდების გამოყენება ნანოკომპოზიტების მისაღებად SiC-SiAlON და Al₂O₃-SiAlON სისტემებში 146

ვ. კობალეიშვილი, ნ. მუმლაძე, ზ. ტაბატაძე, მ. თაბაგარი, ი. ქაშაკაშვილი, ო. ბარბაქაძე, რ. ბაქრაძე. შესაღწეობელი (C≤0.22%; CE≤0.43%), უნიფიცირებული B500W არმატურის წარმოება $\sigma_{\text{ლ}} \geq 500$ ნ/მმ² დენაღობის ზღვრით ცხლად გლინულ მღბომარეობაში, თერმული დამუშავების ბარემი..... 159

ავტორთა საიებელი 174

ავტორთა საქურადღებოდ..... 175

CONTENTS

AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL SCIENCES

- N. Baghaturia, L. Kajaia, N. Gilauri.** WILD-GROWING JUNIPER RESEARCH IN GEORGIA..... 11
- N. Baghaturia, L. Kajaia, N. Iluridze.** CHEMICAL-TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF WILD-GROWING JUNIPER RAW MATERIAL..... 17

BUSINESS, MANAGEMENT AND ACCOUNTING

- E. Motsonelidze, R. Kutateladze.** THE IMPORTANCE OF PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP FOR ENHANCEMENT OF HEALTHCARE ACCESSIBILITY 23
- E. Shilakadze.** INNOVATIVE MANAGEMENT AND SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES..... 30

CHEMICAL ENGINEERING

- Z. Simongulashvili, G. Kurdadze, R. Abesadze, B. Maisuradze.** CHOOSING OPTIMAL COMPOSITION OF SILICOMANGANESE PROVIDING INCREASING EFFECTIVE USE OF MANGANESE..... 42
- I. Kakhniashvili, L. Chkhikvadze, Z. Okrostsvavidze, T. Tsilosani.** RESEARCHING THE POSSIBILITY OF EXTRACTING GOLD AND ARSENIUM FROM ARSENIC AND GOLD-BEARING SULFIDE RAW MATERIAL..... 49

CHEMISTRY

- D. Jincharadze, L. Ebanoidze, N. Bokuchava.** PHYSICAL-CHEMICAL STUDY OF MINERALOGICAL COMPOSITION OF NATURAL “DRY” PELOID “PKHOVELI” 54

COMPUTER SCIENCE

- T. Burkadze, J. Beridze.** DEVELOPMENT OF INFO-COMMUNICATION TECHNOLOGIES AND INFO-COMMUNICATIONS ENVIRONMENT ON THE WAY OF ESTABLISHMENT OF GLOBAL INFORMATION SOCIETY 61

ECONOMICS, ECONOMETRICS AND FINANCE

- V. Kopaleishvili, M. Baratashvili, I. Kashakashvili, O. Barbakadze, T. Loladze, R. Bakradze, Z. Parchukashvili.** ENHANCEMENT OF STRUCTURAL STRENGTH OF BAINITIC CAST IRON BY OBTAINING SPHEROIDAL GRAPHITE, DEVELOPING CHEMICAL COMPOSITION OF ALLOY AND HEAT TREATMENT CONDITIONS..... 68

ENGINEERING

M. Meskhi, S. Piralishvili, R. Inadze. DEFINITION OF OPTIMAL INTERVAL BETWEEN TIME SERIES TERMS.....	79
M. Meskhi, S. Piralishvili, R. Inadze. RESEARCHING THE TIME OF REACTION OF THE DAM TO THE WATER LEVEL CHANGE IN ENGURI HPS RESERVOIR	88
D. Tavkheldze, M. Janikashvili, Z. Mchedlishvili. DETERMINATION OF NATURAL FREQUENCIES OF CONNECTING RODS AS THE FRAME PARTS OF STAIR CLIMBER MACHINE	98
M. Baakashvili-Antelava, S. Mebonia. TECNOLOGICAL POSIBILITIES OF RADIAL - FORGING MACHINES	105

MATERIALS SCIENCE

T. Esadze, Kh. Lejava. HEAT-RESISTANT CONCRETE PRODUCED ON NANO-DISPERSION NARIUM SILICATE COMPOSITE COHESIVE MATERIAL.....	113
A. Chikovani, T. Esadze, Kh. Lejava. SULPHATE CORROSION OF CONCRETE	119
I. Abdushelishvili, V. Kopaleishvili. CRACK-RESISTANCE OF 40AГФТ STEEL.....	126
Z. Kovziridze, N. Nizharadze, M. Balakhashvili, Z. Mestvirishvili. EFFECT OF GRAPHITE NANOPOWDER ON THE PROPERTIES OF CaO-MgO-SiO ₂ SYSTEM COMPOSITE FOR HIGH TEMPERATURE BEDDING OF CEMENT AND METALLURGICAL FURNACES.....	132
Z. Kovziridze, N. Nizharadze, G. Tabatadze, Z. Mestvirishvili, N. Darakhvelidze. APPLICATION OF ALUM-THERMAL AND NITROGEN METHODS FOR OBTAINING NANO-COMPOSITES IN THE SYSTEMS OF SiC-SiAlON AND Al ₂ O ₃ -SiAlON	146
V. Kopaleishvili, N. Mumladze, Z. Tabatadze, M. Tabagari, I. Kashakashvili, O. Barbakadze, R. Bakradze. PRODUCTION OF WELDABLE (C≤0.22%; C _{eq} ≤0.43%) UNIFIED REBAR B500W WITH YIELD STRENGTH $\sigma_{y} \geq 500$ N/mm ² , HOT ROLLED, WITHOUT HEAT TREATMENT	159
AUTHOR'S INDEX	174
GUIDE FOR AUTHORS	177

СОДЕРЖАНИЕ

АГРАРНЫЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Н.Ш. Багатурия, Л.В. Каджая, Н.Дж. Гилаури.** ИССЛЕДОВАНИЕ ДИКОРАСТУЩЕГО МОЖЖЕВЕЛЬНИКА ГРУЗИИ..... 11
- Н.Ш. Багатурия, Л.В. Каджая, Н.Ш. Илуридзе.** ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЫРЬЯ ДИКОРАСТУЩЕГО МОЖЖЕВЕЛЬНИКА 17

БИЗНЕС, МЕНЕДЖМЕНТ И БУХГАЛТЕРСКИЙ УЧЕТ

- Э.Р. Моцонелидзе, Р.Г. Кутателадзе.** ЗНАЧЕНИЕ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА В ДЕЛЕ УЛУЧШЕНИЯ ДОСТУПНОСТИ МЕДИЦИНСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ 23
- Е.В. Шилакадзе.** ИННОВАЦИОННЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ И МАЛЫЕ И СРЕДНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ..... 30

ХИМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ И ТЕХНОЛОГИИ

- З.А. Симонгулашвили, Г.У. Курдадзе, Р.К. Абесадзе, Б.Г. Майсурадзе.** ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ СИЛИКОМАРГАНЦА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕГО ПОВЫШЕНИЕ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МАРГАНЦА 42
- И.Б. Кахнишвили, Л.А. Чхиквадзе, З.Ш. Окросцваридзе, Т.А. Цилосани.** ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА И МЫШЬЯКА ИЗ ЗОЛОТО- И МЫШЬЯКСОДЕРЖАЩЕГО СУЛЬФИДНОГО СЫРЬЯ 49

ХИМИЯ

- Д.Г. Джинчарадзе, Л.О. Эбаноидзе, Н.В. Бокучава.** ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА НАТУРАЛЬНОГО “СУХОГО” ПЕЛОИДА “ПХОВЕЛИ” 54

КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ

- Т.О. Буркадзе, Д.Л. Беридзе.** РАЗВИТИЕ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ СРЕДЫ НА ПУТИ СОЗДАНИЯ ГЛОБАЛЬНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА..... 61

ЭКОНОМИКА, ЭКОНОМЕТРИКА И ФИНАНСЫ

В.П. Копалейшвили, М.Д. Бараташвили, И.Г. Кашакашвили, О.Г. Барбакадзе, Т.О. Лоладзе, Р.М. Бакрадзе, З.А. Парчукашвили. ПОВЫШЕНИЕ КОНСТРУКЦИОННОЙ ПРОЧНОСТИ БЕЙНИТНОГО ЧУГУНА ПУТЕМ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СПЛАВА, ТЕРМООБРАБОТКИ И ПОЛУЧЕНИЯ ШАРОВИДНОГО ГРАФИТА	68
--	----

ИНЖЕНЕРИЯ

М.А. Месхи, С.Х. Пиралишвили, Р.В. Инадзе. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ИНТЕРВАЛА МЕЖДУ ЧЛЕНАМИ ВРЕМЕННОГО РЯДА	79
М.А. Месхи, С.Х. Пиралишвили, Р.В. Инадзе. ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕНИ РЕАКЦИИ ПЛОТИНЫ НА ИЗМЕНЕНИЕ УРОВНЯ ВОДЫ ВОДОХРАНИЛИЩА ИНГУРИГЭС	88
Д.Д. Тавхелидзе, М.В. Джаникашвили, З.Т. Мчедлишвили. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ СОЕДИНЯЮЩИХ СТЕРЖНЕЙ КОРПУСА ЛЕСТНИЦАХОДОВОЙ МАШИНЫ	98
М.В. Баакашвили-Антелава, С.А. Мебония. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РАДИАЛЬНО-ОБЖИМНЫХ МАШИН	105

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Т.И. Эсадзе, Х.Д. Лежава. ЖАРОСТОЙКИЙ БЕТОН НА НАНОДИСПЕРСНОМ СИЛИКАТ-НАТРИЕВОМ КОМПОЗИЦИОННОМ ВЯЖУЩЕМ	113
А.Б. Чиковани, Т.И. Эсадзе, Х.Д. Лежава. СУЛЬФАТНАЯ КОРРОЗИЯ БЕТОНА	119
И.Т. Абдушелишвили, В.П. Копалейшвили. ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ СТАЛИ 40АГФТ	126
З.Д. Ковзиридзе, Н.С. Нижарадзе, М.И. Балахашвили, З.З. Мествиришвили. ВЛИЯНИЕ НАНОПОРОШКА ГРАФИТА НА СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ В СИСТЕМЕ CaO-MgO-SiO₂ ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ФУТЕРОВКИ ЦЕМЕНТНЫХ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ	132
З.Д. Ковзиридзе, Н.С. Нижарадзе, Г.С. Табатадзе, З.З. Мествиришвили, Н.Ю. Дарахвелидзе. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЗОТИРОВАНИЯ И АЛЮМИНОТЕРМИЧЕСКОГО МЕТОДОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОКОМПОЗИТОВ В СИСТЕМАХ SiC-SiAlON И Al₂O₃-SiAlON	146
В.П. Копалейшвили, Н.А. Мумладзе, З.О. Табатадзе, М.В. Табагари, И.Г. Кашакашвили, О.Г. Барбакадзе, Р.М. Бакрадзе. ПРОИЗВОДСТВО СВАРИВАЕМОЙ (C≤0.22%; SE≤0.43%) УНИФИЦИРОВАННОЙ АРМАТУРЫ В500W С ПРЕДЕЛОМ ТЕКУЧЕСТИ $\sigma_{\text{д}} \geq 500$ Н/мм² В ГОРЯЧЕКАТАННОМ СОСТОЯНИИ, БЕЗ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ	159

УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ	174
--------------------------------	-----

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ	179
---------------------------------	-----

UDC 663.5

SCOPUS CODE 1106

ველურად მზარდი ღვინის ბამოკვლევა

- ნ. ბალათურია** კვების მრეწველობის ინსტიტუტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0192, თბილისი, გურამიშვილის გამზ. 17
E-mail: GFS_company@yahoo.com
- ლ. ქაჯაია** კვების მრეწველობის ინსტიტუტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0192, თბილისი, გურამიშვილის გამზ. 17
E-mail: kajaia-luiza-dodo@mail.ru
- ნ. გილაური** კვების მრეწველობის ინსტიტუტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0192, თბილისი, გურამიშვილის გამზ. 17
E-mail: nikobalakhshvili@gmail.com

რეცენზენტები:

- ლ. კოტორაშვილი**, სტუ-ის კვების მრეწველობის ინსტიტუტის უფროსი მეცნიერი თანამშრომელი, ასოცირებული დოქტორი
E-mail: lkotorashvili@mail.ru
- ნ. ბეგიაშვილი**, სტუ-ის კვების მრეწველობის ინსტიტუტის სამეცნიერო საბჭოს თავმჯდომარე, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი
E-mail: nana-begi@mail.ru

ანოტაცია: კვების მრეწველობის ინსტიტუტში პირველად იქნა შესწავლილი საქართველოში ველურად მზარდი ღვინის ნაირსახეობა, გავრცელების არეალი და მათი ნედლეულის ეთეროვანი ზეთის შემცველობა, ღვინის გირჩების ზეთშემცველობის დინამიკა წელიწადის სხვადასხვა დროის მიხედვით. ჩატარებული ექსპერიმენტების შედეგად დადგენილ იქნა ველურად მზარდი ღვინის გავრცელების არეალი. კვლევების შედეგების საფუძველზე გამოირკვა, რომ გავრცელების არეალის და ღვინის გირჩების ეთეროვანი ზეთის შემცველობის გათვალისწინებით ეთეროვანი ზეთის წარმოებისათვის უნდა დამზადდეს ღვინის მრავალნაყოფიანი სახეობის გირჩები. ისინი უნდა დამუშავდეს დაქუცმაცებულ მდგომარეობაში.

დადგენილია, რომ ღვინის გირჩების სრული სიმწიფე გვიან შემოდგომაზე დგება და მწიფე ნაყოფი ხეებზე რჩება გაზაფხულის დადგომამდე. აღნიშნული პერიოდის განმავლობაში გირჩების ეთეროვანი ზეთის შემცველობა თითქმის უცვლელია და საშუალოდ 1.1%-ს შეადგენს.

საკვანძო სიტყვები: გირჩები; ეთეროვანი ზეთი; ველურად მზარდი; ღვინა.

შესავალი

კვიპაროსთა ოჯახის 20 გვარისა და 140-ზე მეტი მარადმწვანე კულტივირებული, დეკორატიული და ველურად მზარდი სახეობაა ცნობილი, მათ შორის 40-მდე ღვინისებრთა ქვეოჯა-

ხი, რომლის ერთ-ერთი სახეობაა ველურად მზარდი ღვია – *Juniperis L.*

ყირიმში, კავკასიაში, შუა აზიასა და შორეულ აღმოსავლეთში ღვიის 70-მდე სახეობაა გავრცელებული, მათგან 8 კავკასიაშია. საქართველოში გვხვდება 7 სახეობა: სქელკანიანი, მრავალნაყოფიანი, ჩინური, ყაზახური, ვირჯინიული, მძიმე სუნისა და გრძელწიწვა.

საწარმო პირობებში ღვიის ნედლეულიდან ეთეროვან ზეთს ღებულობენ სლოვენიაში, ბულგარეთში, საფრანგეთში, იტალიაში, კვიპროსში, ესპანეთში, ინდოეთში, ავსტრიაში და სხვა ქვეყნებში. ღვიის ეთეროვანი ზეთის წარმოებისათვის აღნიშნული ქვეყნები ძირითადად გამოიყენებენ ჩვეულებრივი ღვიის სახეობის ნედლ ან გამშრალ გირჩებს და წიწვებს, საიდანაც ეთეროვან ზეთს ღებულობენ წყლის ორთქლით გამოხდის მეთოდით.

ღვიის ეთეროვანი ზეთის გამოსავლიანობა სხვადასხვა ქვეყანაში განსხვავდება და მერყეობს 0.2 – 2.0 %-მდე. გირჩები აგრეთვე შეიცავს 40%-მდე შაქარს და 10%-მდე ფისებს.

ეთეროვანი ზეთის გამოსავლიანობა და მისი ქიმიური შემცველობა დამოკიდებულია ღვიის ნედლეულის დამუშავების (წელიწადის) დროზე, გირჩების სიმწიფის სტადიაზე, წარმოშობის ადგილსა და ღვიის ტყის მასივების გავრცელების სიმაღლეზე ზღვის დონიდან.

ღვიის წიწვებისა და ნაყოფების ექსტრაქტები, ეთეროვანი ზეთები ადრეული დროიდან გამოიყენება სახალხო მედიცინაში ანთებითი პროცესების, მარილების დაგროვების, რევმატიზმისა და კანის სხვადასხვა დაავადებათა სამკურნალოდ, ჭრილობების საღებუნფექციოდ, შარდმდენ და ამოსახველებელ საშუალებად. ნაყოფების ნახარში გამოიყენება ღრძილების ანთების სამკურნალოდ, კვების მრეწველობაში ალკოჰოლური სასმელებისა (ლუდის, არყის, ლიქიორის, მორსის, ჯინისა და სხვა) და საკონდიტრო ნა-

წარმის (კანფეტების, თაფლის, პურისა და სხვა) დასამზადებლად.

ღვეისათვის საქართველოში გავრცელებული ველურად მზარდი ღვიის ნაირსახეობა და მისი ნედლეული არ არის შესწავლილი, მისგან ნატურალური საკვები დანამატების – ეთეროვანი ზეთების გამოხდისა და ექსტრაქტების დამზადების თვალსაზრისით. აღნიშნულიდან გამომდინარე, ეთერზეთების, ცხიმზეთებისა და კვების მრეწველობის დარგებისათვის ველურად მზარდი ღვია ახალი ნედლეულია, ხოლო მისგან მიღებული პროდუქტები – ახალი პროდუქცია.

აქედან გამომდინარე, ჩვენი მიზანია დავადგინოთ ველურად მზარდი ღვიის ნაირსახეობა და გავრცელების არეალი; ღვიის გირჩებისა და მწვანე მასის ქიმიურ-ტექნოლოგიური კვლევა; აღნიშნული ნედლეულიდან საკვები დანამატების – ეთეროვანი ზეთების მიღებისა და ექსტრაქტების დამზადების რაციონალური ტექნოლოგიის დამუშავება; ღვიის ნედლეულიდან მიღებული საკვები დანამატების – ეთეროვანი ზეთებისა და ექსტრაქტების გამოყენებით ალკოჰოლური სასმელის, კერძოდ ქართული ჯინის დამზადება.

ძირითადი ნაწილი

კვლევის ობიექტად გამოყენებულ იქნა ცენტრალური ბოტანიკური ბაღის ტერიტორიაზე ინტროდიცირებული და საგურამოს ქედის მისადგომებთან ველურად მზარდი ღვიის ნედლეული.

ღვიის გავრცელების არეალისა და მისი ნაირსახეობის დადგენის მიზნით დავათვალიერეთ თბილისის ბოტანიკური ბაღის ტერიტორიაზე ინტროდიცირებული და თბილისის შემოგარენში, კერძოდ საგურამოს ქედის მისადგომებთან ველურად მზარდი ღვიის ტყის მასივები, ხოლო შემდგომ ჩვენ მიერ ჩატარებული ექსპედიციებით დადგინდა იქნა, რომ ღვია გავრცელებულია როგორც დასავლეთ, ისე აღმოსავლეთ საქართველოში.

ველოში. არსებული რესურსების მიხედვით წელიწადში შეიძლება გადამუშავდეს 100 ტონამდე ღვინის ნედლეული.

ლიტერატურულ მასალებზე დაყრდნობით და ვიზუალური დათვალიერების შედეგად დადგინდა ღვინის რამდენიმე ნაირსახეობა, რომლებიც ინტროდიცირებულია ცენტრალური ბოტანიკური ბაღის ტერიტორიაზე. ესენია სქელკანიანი, მრავალნაყოფიანი, ჩინური, ყაზახური, ვირჯინიული და მძიმე სუნის მქონე. ხოლო თბილისის შემოგარენის, კერძოდ საგურამოს ქედის მისადგომების ვიზუალური დათვალიერების შედეგად მიკვლეულ იქნა ასევე ღვინის გრძელწიწ-

ვა ნაირსახეობაც. აღნიშნულ ტერიტორიაზე გვხვდება მრავალნაყოფიანი ღვინის სახეობა – *J. Polycarpus C. Koch*, რომელიც დახუნძლულია მწიფე ყავისფერი და მწვანე გირჩებით.

ჩვენთვის ხელმისაწვდომი ღვინის ნაირსახეობის – მრავალნაყოფიანი ღვინის ნედლეულში ეთეროვანი ზეთის შემცველობის განსაზღვრისათვის ნედლეული დამზადდა 2012 წლის იანვარში. ღვინის ტოტებიდან გამოცალკევებულ იქნა გირჩები და წიწვები, რომლებშიც განისაზღვრა ზეთშემცველობა, დოლმატოვის და გინზბურგის მეთოდებით ექსპერიმენტის შედეგები მოცემულია 1-ელ ცხრილში.

ცხრილი 1

ღვინის ნაირსახეობის ნედლეულის ეთეროვანი ზეთის შემცველობა

	ნიმუშის დასახელება	ზეთშემცველობა, %
1	მრავალნაყოფიანი ღვინა: დაქუცმაცებული მწიფე გირჩები დაქუცმაცებული მწიფე გირჩები დაქუცმაცებული მწვანე გირჩები წიწვები, წვრილი პატარა ტოტები	კვალი 1,1 0,473 კვალი
2	ჩინური ღვინის დაქუცმაცებული მწიფე გირჩები წიწვები, წვრილი პატარა ტოტები	0,80 კვალი
3	მძიმე სუნის მქონე ღვინის დაქუცმაცებული მწიფე გირჩები წიწვები წვრილი, პატარა ტოტები	0,90 კვალი
4	ყაზახური ღვინის დაქუცმაცებული მწიფე გირჩები წიწვები, წვრილი პატარა ტოტები	1,50 კვალი
5	ვირჯინიული ღვინის დაქუცმაცებული მწიფე გირჩები წიწვები, წვრილი პატარა ტოტები	1,20 კვალი
6	სქელკანიანი ღვინის დაქუცმაცებული მწიფე გირჩები წიწვები წვრილი, პატარა ტოტები	0,85 კვალი

ექსპერიმენტების შედეგების ანალიზმა აჩვენა, რომ მაღალი ზეთშემცველობით გამოირჩევა ყაზახური და ვირჯინიული გირჩები, მაგრამ, მიუხედავად აღნიშნულისა, ჩვენი შემდგომი კვლევისათვის გამოყენებულ იქნა მრავალნაყოფიანი ღვინის ნედლეული, რადგან მისი პატარა ტყის მასივები უფრო ხშირად გვხვდება საგურამოს ქედის მისადგომებთან, ვიდრე ზემოაღნიშნული ღვინის სახეობები. ღვინის გირჩები უნ-

და დამუშავდეს დაქუცმაცებულ მდგომარეობაში, ვინაიდან მთლიანი გირჩებიდან ეთეროვანი ზეთი არ გამოიყოფა. აღნიშნული შეიძლება იმით აიხსნას, რომ გირჩებში ზეთი შებოჭილ მდგომარეობაშია, გარდა ამისა გირჩების კანი მკვრივია და მასში წყლის ორთქლი ვერ აღწევს, რაც შეეხება წიწვებს, მასში მხოლოდ ეთეროვანი ზეთის კვალია.

ღვიის ნედლეულში ზეთშემცველობის დინამიკის შესწავლის მიზნით მრავალნაყოფიანი ღვიის გირჩები დამზადებულ იქნა საგურამოს ქედის მისადგომებთან გავრცელებულ ტყის მასივებში ერთი და იგივე ხეებიდან ყოველი

თვის შუა რიცხვებში. გირჩებში განსაზღვრულ იქნა ტენის მასური წილი და ეთეროვანი ზეთის შემცველობა გინზბურგის მეთოდით. გამოხდის ხანგრძლივობა ორი საათი იყო. კვლევის შედეგები მოცემულია მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 2

ზეთშემცველობის დინამიკა წელიწადის სხვადასხვა დროის მიხედვით

	ნიმუშის დასახელება და გადამუშავების დრო	მშრალი ნივთიერებების მასური წილი (%)	ზეთშემცველობა	
			%	აბსოლუტურ მშრალ წონაზე(%)
ღვიის გირჩები 2012 წელი				
1	16 ოქტომბერი	82,0	0,436	0,531
2	14 ნოემბერი	82,5	0,897	1,087
3	14 დეკემბერი	84,0	0,967	1,150
2013 წელი				
4	16 იანვარი	80,0	0,817	1,020
5	17 თებერვალი	79,5	0,820	1,030

ერთი წლის განმავლობაში ყოველთვიურმა ვიზუალურმა დაკვირვებამ აჩვენა, რომ ველურად მზარდ მრავალნაყოფიან ღვიის ტყის მასივებში ხეები მარტის თვიდან დახუნძლულია მწვანე (უმწიფარი) გირჩებით, რომლებიც თანდათან შედის სიმწიფეში და ოქტომბრიდან თებერვლის ჩათვლით ხეებზე ძირითადად ყავისფერი მწიფე გირჩები რჩება, რომლებიც თანდათან იწყებს ცვენას და მარტის თვეში ხეებზე ისევ ახალი მწვანე ნაყოფები ჩნდება.

ღვიის გირჩების ზეთშემცველობის დინამიკის შესწავლამ წელიწადის სხვადასხვა დროის მიხედვით (ცხრილი 2) აჩვენა, რომ ღვიის ხეებზე ოქტომბრის თვეში, როცა უკვე ჭარბად არის ყავისფერი გირჩები, ზეთშემცველობა 50%-

ით დაბალია, ვიდრე გვიან შემოდგომაზე და ზამთრის პერიოდში დაკრეფილ გირჩებში. ღვიის გირჩების სრული სიმწიფე დგება გვიან შემოდგომაზე და მწიფე ნაყოფები ხეებზე გაზაფხულის დადგომამდე რჩება. აღნიშნული პერიოდის განმავლობაში გირჩების ეთეროვანი ზეთის შემცველობა თითქმის უცვლელია და საშუალოდ 1,1 % შეადგენს.

აღნიშნული პერიოდი საუკეთესო დროა გირჩების დამუშავებისათვის, ეთეროვანი ზეთის გამოხდის თვალსაზრისით.

დასკვნა

ჩატარებული ექსპედიციის შედეგად დადგინდა ველურად მზარდი ღვიის გავრცელების

არეალი. გამოკვლევების შედეგების საფუძველზე მრავალნაყოფიანი სახეობის გირჩები. ღვიის გირ-
დადგენილია, რომ, გაერცვლების არეალის და ჩები უნდა დამუშავდეს დაქუცმაცებულ მდგო-
ხეთშემცველობის გათვალისწინებით, ეთეროვანი მარეობაში შემოდგომაზე – ოქტომბერ-ნოემბერი
ხეთის წარმოებისათვის უნდა დამზადდეს ღვიის და ზამთარში – დეკემბერ-იანვარ-თებერვალი.

ლიტერატურა

1. N. Baghaturia. Essential oils of medicinal and aromatic plants. Tbilisi. 2007 (In Russian).
2. M. Goryaev, L. Ignatova. International congress on essential oils. Tbilisi. 1968 (In Russian).
3. A. Gammerman, I. Grom. Wild-growing medicinal plants of USSR. M., "Medicine". 1976 (In Russian).
4. I. Gubanov and others. Wild-growing useful plants of USSR. Edition "Idea". 1976 (In Russian).
5. V. Chavchavadze, L. Kharebava. "Subtropical culture". Issue №4. Georgia. Ozurgeti. Anaseuli. 1989 (In Georgian).

UDC 663.5

SCOPUS CODE 1106

WILD-GROWING JUNIPER RESEARCH IN GEORGIA

N. Baghaturia	Institute of Food Industry of Georgian Technical University, 17 Guramishvili Ave., 0192 Tbilisi, Georgia E-mail: GFS_company@yahoo.com
L. Kajaia	Institute of Food Industry of Georgian Technical University, 17 Guramishvili Ave., 0192 Tbilisi, Georgia E-mail: kajaia-luiza-dodo@mail.ru
N. Gilauri	Institute of Food Industry of Georgian Technical University, 17 Guramishvili Ave., 0192 Tbilisi, Georgia E-mail: nikobalakashvili@gmail.com

Reviewers:

L. Kotorashvili, Associate Doctor, Senior Researcher at Institute of Food Industry of GTU

E-mail: lkotorashvili@mail.ru

N. Begiashvili, Chairman of the Science Board, Institute of Food Industry of GTU, Doctor of Technical Sciences

E-mail: nana-begi@mail.ru

ABSTRACT. The institute of food industry conducted first ever research of wild-growing juniper species, spread area, ethereal oil content in its raw material and the seasonal dynamics of juniper cones oil content. Spread area of wild-growing juniper has been identified on the basis of targeted expeditions. Based on the research results and taking into account the spread area and ethereal oil content in Indian juniper cones, polycarpic species of juniper cones should be used to produce ethereal oil. The cones should be processed in minced form.

Full ripeness of juniper cones comes late in autumn and the fruits stay on trees till early spring. The ethereal oil content in cones during this period is unchangeable - average 1.1 %.

KEY WORDS: cones; ethereal oil; juniper; wild-growing.

UDC 663.5

SCOPUS CODE 1106

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИКОРАСТУЩЕГО МОЖЖЕВЕЛЬНИКА ГРУЗИИ

- Багатурия Н.Ш.** Институт пищевой промышленности, Грузинский технический университет, Грузия, 0192, Тбилиси, проспект Гурамишвили 17
E-mail: GFS_company@yahoo.co
- Каджая Л.В.** Институт пищевой промышленности, Грузинский технический университет, Грузия, 0192, Тбилиси, проспект Гурамишвили 17
E-mail: kajaia-luiza-dodo@mail.ru
- Гиლაური Н.Дж.** Институт пищевой промышленности, Грузинский технический университет, Грузия, 0192, Тбилиси, проспект Гурамишвили 17
E-mail: nikobalakashvili@gmail.com

Рецензенты:

Л. Которашвили, старший научный сотрудник, ассоц. доктор Института пищевой промышленности ГТУ
E-mail: lkotorashvili@mail.ru

Н. Бегиашвили, председатель научного совета, доктор технич. наук Института пищевой промышленности ГТУ
E-mail: nana-begi@mail.ru

АННОТАЦИЯ. В Институте пищевой промышленности впервые были изучены разновидности дикорастущего можжевельника, произрастающего в Грузии; ареал их распространения и содержание эфирного масла в сырье; динамика содержания эфирного масла в различное время года. Проведенными экспедициями установлен ареал распространения дикорастущего можжевельника. На основании результатов исследований установлено, что с учетом ареала распространения и содержания эфирного масла в шишках, для производства эфирного масла нужно заготавливать шишки из вида многоплодного можжевельника. Шишки многоплодного можжевельника следует перерабатывать в измельченном состоянии.

Установлено, что полная зрелость шишек можжевельника наступает поздно осенью и спелые ягоды на дереве остаются до наступления весны. Содержание эфирного масла в шишках в данное время почти не изменяется и в среднем составляет 1,1 %.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дикорастущий; можжевельник; шишки; эфирные масла.

UDC 663.5

SCOPUS CODE 1106

ველურად მზარდი ღვინის ნედლეულის ქიმიურ-ტექნოლოგიური მაჩვენებლები

- ნ. ბალათურია** კვების მრეწველობის ინსტიტუტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0192, თბილისი, დ. გურამიშვილის გამზ. 17
E-mail: GFS_company@yahoo.com
- ლ. ქაჯაია** კვების მრეწველობის ინსტიტუტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0192, თბილისი, დ. გურამიშვილის გამზ. 17
E-mail: kajaia-luiza-dodo@mail.ru
- ნ. ილურიძე** კვების მრეწველობის ინსტიტუტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0192, თბილისი, დ. გურამიშვილის გამზ. 17
E-mail: sofotsickiseli@yahoo.com

რეცენზენტები:

- ლ. კოტორაშვილი**, სტუ-ის კვების მრეწველობის ინსტიტუტის უფროსი მეცნიერი თანამშრომელი, ასოცირებული დოქტორი
E-mail: lkotorashvili@mail.ru
- ნ. ბეგიაშვილი**, სტუ-ის კვების მრეწველობის ინსტიტუტის სამეცნიერო საბჭოს თავმჯდომარე, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი
E-mail: nana-begi@mail.ru

ანოტაცია: კვების მრეწველობის ინსტიტუტში პირველად იქნა დამუშავებული საქართველოში ველურად მზარდი ღვინის გირჩებიდან ნატურალური საკვები დანამატის – ეთეროვანი ზეთის მიღების ტექნოლოგია. დადგინდა იქნა აღნიშნული ტექნოლოგიის დამუშავების პარამეტრები, რაც შემდგომში მდგომარეობს: მრავალნაყოფიანი ღვინის გირჩების დამუშავების დროს დისტილატის გამოსხდის სინქარე უნდა იყოს თორმეტი-ცამეტი სმ³/წთ; ეთეროვანი ზეთის გამოსხდის ხანგრძლივობა – ერთი საათი. შესწავლილ იქნა ღვინის გირჩების ეთეროვანი

ზეთის ქიმიური შედგენილობა, ორგანოლექტიკური და ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლები და დადგინდა მათი ზღვრული სიდიდე; ღვინის ზეთის კვების მრეწველობაში, კერძოდ ალკოჰოლური სასმელების წარმოებაში გამოყენების შესაძლებლობა. შემუშავებულია ღვინის გირჩების დამუშავების ტექნოლოგიური ინსტრუქციისა და მისი ეთეროვანი ზეთის საწარმოო შიგა სტანდარტის პროექტები. დადგინდა ღვინის გირჩების ეთეროვანი ზეთის გამოყენების სფერო.

საკვანძო სიტყვები: გირჩები; ეთეროვანი ზეთი; პარამეტრები; ღვია.

შესავალი

მსოფლიოში მკვეთრად გაიზარდა მოთხოვნა ნატურალურ საკვებ დანამატებზე, ამიტომ აქტიურია ღვის ნედლეულიდან საკვები დანამატის – ეთეროვანი ზეთის მიღების ტექნოლოგიის დამუშავება, მისი შედგენილობისა და გამოყენების სფეროს შესწავლა.

ღვის გირჩების დამუშავების ოპტიმალური ტექნოლოგიური პარამეტრების გამოკვლევისა და დადგენის მიზნით, შევისწავლეთ ღვის სხვადასხვა ნაირსახეობის – წიწვების, მწიფე და მწვანე გირჩების როგორც დაქუცმაცებულ, ისე დაუქუცმაცებულ ნედლეულში ეთეროვანი ზეთის შემცველობა. ექსპერიმენტის შედეგების საფუძველზე დადგინდა, რომ სამრეწველო მნიშვნელობით (გავრცელების თვალსაზრისით) ეთეროვანი ზეთის გამოხდის მიზნით უნდა დამუშავდეს მრავალნაყოფიანი ღვის გირჩები დაქუცმაცებულ მდგომარეობაში.

ძირითადი ნაწილი

ღვის გირჩებიდან ეთეროვანი ზეთის სრულყოფილ გამოხდაზე მოქმედი ტექნოლოგიური პარამეტრების დადგენის მიზნით შესწავლილ იქნა გამოხდის სიჩქარე და ხანგრძლივობა. ექსპერიმენტი ჩატარდა ნახევრად საწარმოო პირობებში დაღმატოვის მეთოდით ორ ვარიანტად:

I ვარიანტი – დისტილატის გამოხდის სიჩქარე იყო 9–10 სმ³/წთ;

II ვარიანტი – დისტილატის გამოხდის სიჩქარე იყო 12–13 სმ³/წთ.

ორივე ვარიანტის შემთხვევაში გამოხდის საერთო ხანგრძლივობა ორი საათი იყო. ყოველ 30 წთ-ში ხდებოდა დაღმატოვის მიმდებში დაგროვილი ზეთის რაოდენობის ათვლა. ზეთის გამოხდისას ყოველ ერთ საათში ცალ-ცალკე გროვებოდა დისტილატი, რომელშიც განისაზღვრა ზეთშემცველობა. ექსპერიმენტის შედეგები მოცემულია 1-ელ ცხრილში.

ცხრილი 1

№	ნედლეულის დასახელება	ნედლეულის რაოდენობა, ბ.	ტენის მასური წილი, %	გამოხდის სიჩქარე, სმ ³ /წთ	გამოხდის ხანგრძლივობა, წთ	ზეთშემცველობა			გამოსაკლანობა ზეთშემცველობის მიხედვით
						ბ.	%	აბსოლუტურ მშრალ წონაზე, %	
I ვარიანტი	მრავალნაყოფიანი ღვის გირჩები	400,0	84,0	9-10	30,0	2,795	0,699		92,857
					30,0	0,215	0,0535		7,142
					30,0	კვალი			
					90,0	3,01	0,752	0,896	99,999
II ვარიანტი	მრავალნაყოფიანი ღვის გირჩები	400,0	84,0	12-13	30,0	3,01	0,752		70,0
					30,0	1,29	0,322		30,0
					30,0	კვალი			
					90,0	4,30	1,075	1,28	100,0

ექსპერიმენტის შედეგების ანალიზმა აჩვენა, რომ I ვარიანტის შემთხვევაში ღვის გირჩებიდან 92,86% ზეთი, ხოლო II ვარიანტის შემთხვევაში 70,0% ზეთი გამოიყოფა გამოხდის პირველ 30 წუთში. დარჩენილი 7,14% და 30% – მომდევნო 30 წუთში, ხოლო შემდგომ წყდება ზეთის გამოყოფა. როგორც ცხრილიდან ჩანს, ღვის გირჩებიდან ზეთის ძირითადი ნაწილი გამოიყოფა პირველ 30 წუთში და შეიძლება შევწვივოთ გამოხდის პროცესი, მაგრამ, როგორც ცნობილია, ღვის გირჩები სხვა მრავალ კომპონენტთან ერთად შეიცავს მაღალმადულარ კომპონენტებს და ისინი, როგორც წესი, ყველაზე გვიან გამოიდევენება, ამიტომ უმჯობესია ჩატარდეს გირჩებიდან ეთეროვანი ზეთის სრულყოფილი გამოხდა 1 საათის განმავლობაში.

გამოხდის სიჩქარის გავლენის შესწავლამ ზეთის გამოსავლიანობაზე აჩვენა, რომ ზეთის გამოსავლიანობა 0,3%-ით იზრდება, როდესაც გამოხდის სიჩქარე წუთში 12–13 სმ³/წთ-ია.

ღვის ეთეროვანი ზეთის მიღების ტექნოლოგიური პროცესის აღწერა: ღვის გირჩები და აქუცმაცეს საოჯახო ხორცსაკეპში, თავდაპირველად კი განისაზღვრა ტენის მასური წილი, რამაც 16,0% შეადგინა.

ღვის დაქუცმაცებული გირჩები ჩაიტვირთა გამოსახდელ (ლაბორატორიულ) ლითონის პატარა აპარატში, რომელსაც დაემატა სასმელი წყალი ნედლეულის დაფარვამდე. აპარატი დადგეს ელექტროქურაზე ეთეროვანი ზეთის გამოსახ-

დელად. აპარატზე მიაერთეს მინის მაცივარი, რომელშიც ცივი წყალი გაედინება. მაცივრის ბოლოს დაუყენეს დაღმატოვის მიმღები, სადაც გროვდებოდა ნედლეულიდან გამოყოფილი ზეთი, მიმღებიდან გამოსული დისტილატი კი გროვდებოდა კოლბაში. გამოხდის სიჩქარე იყო 12–13 სმ³/წთ, ხოლო ხანგრძლივობა – 1 სთ.

ამრიგად, ჩვენი ტექნოლოგიური რეჟიმით დამუშავდა 1,5 კგ მრავალნაყოფიანი ღვის დაქუცმაცებული გირჩები. მიღებულ იქნა 13,4 გ ეთეროვანი ზეთი, რაც ნედლეულის მიმართ შეადგენს 0,893%-ს, აბსოლუტურ მშრალ წონაზე გადაანგარიშებით კი 1,06%-ს. გამოხდის პროცესში დაგროვდა 2,750 სმ³ დისტილატი, რომლის საშუალო ნიმუშის ზეთშემცველობამ 0,06 % შეადგინა. ექსპერიმენტის შედეგად მიღებული მონაცემების ანალიზის საფუძველზე დადგინდა ღვის გირჩების დამუშავების ტექნოლოგიური ინსტრუქციის პროექტი.

ქვემოთ მოცემულია ღვის გირჩებიდან ეთეროვანი ზეთის გამოხდის თანამიმდევრული ტექნოლოგიური სქემა.

ღვის გირჩებიდან მიღებული ეთეროვანი ზეთის ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლების ზღვრული სიდიდეების დადგენის მიზნით შესწავლილ იქნა, ჩვენ მიერ დამუშავებული ტექნოლოგიური რეჟიმით, ნახევრად საწარმოო პირობებში მიღებული ეთეროვანი ზეთის ორგანოლექტიკური და ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლები. შედეგები მოცემულია მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 2

ღვის გირჩების ეთეროვანი ზეთის ორგანოლექტიკური და ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლები

მაჩვენებლების დასახელება	დახასიათება და ნორმა
გარეგანი სახე	ადვილად მოძრავი გამჭვირვალე მოყვითალო ფერის სითხე
გემო და სუნი	წიწვოვანებისათვის დამახასიათებელი
სიმკვრივე, გ/დმ ³ 20 ⁰ C-ზე	0,8568 – 0,8760
გარდატეხის მაჩვენებელი 20 ⁰ C-ზე	1,4745 – 1,4848

მჟავური რიცხვი, მგ KOH/გ არაუმეტეს	1,5
ეთერის რიცხვი, მგ KOH/გ	2,87 – 7,5
ტენის მასური წილი	არ დაიშვება
სხნადობა 1 მოცულობა ზეთის 95,0%-იან ეთილის სპირტში	0,5 მოცულობაში

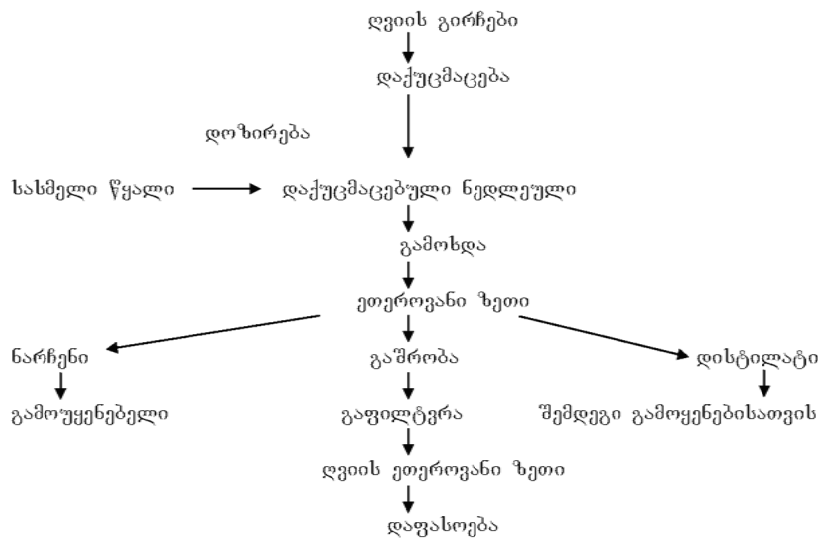
შესწავლილ იქნა ღვინის გირჩების ეთეროვანი ზეთის ქიმიური შედგენილობა აირთხევადი ქრომატოგრაფიის მეთოდით. ჩვენ მიერ იდენტიფიცირებულ იქნა შემდეგი კომპონენტები: ალფა-პინენი (23,4%), ლიმონენი (46,8%), ცინეოლი (4,2%), ტერპინენი (3,7%), ალფა-ტერპინეოლი (3,7%).

ლიტერატურული წყაროებიდან ცნობილია, რომ ღვინის გირჩების ეთეროვან ზეთს საზღვარ-

გარეთის ქვეყნები ადრეული დროიდან იყენებენ ალკოჰოლური სასმელების დასამზადებლად.

ჩვენ მიერ მიღებული ეთეროვანი ზეთის გამოყენებით დარგის სპეციალისტებმა დაამზადეს ჯინი, ლიქიორი და არაყი. ჩატარდა აღნიშნული ალკოჰოლური სასმელების დეგუსტაცია, სასმელები მოიწონეს და გამოითქვა აზრი, რომ გაგრძელდეს ამ მიმართულებით მუშაობა.

ღვინის ღირჩების ეთეროვანი ზეთის წარმოების თანამიმდევრული ტექნოლოგიური სქემა



დასკვნა

მრავალნაყოფიანი ღვინის გირჩების დამუშავების ოპტიმალური ტექნოლოგიური პარამეტრების დადგენის მიზნით ჩატარებული კვლევის შედეგების ანალიზის საფუძველზე დადგინდა, რომ დისტილატის გამოხდის სიჩქარე უნდა იყოს 12–13 სმ³/წთ; ეთეროვანი ზეთის გამოხდის ხანგრძლივობა – 1 საათი.

შესწავლილ და შემუშავებულ იქნა ღვინის გირჩების ეთეროვანი ზეთის ორგანოლექტიკური და ფიზიკურ-ქიმიური მანკენებლები და დადგინდა მათი ზღვრული სიდიდეები, ასევე ღვინის გირჩების დამუშავების ტექნოლოგიური ინსტრუქციისა და ეთეროვანი ზეთის საწარმოო შიგა სტანდარტის პროექტები.

ლიტერატურა

1. N. Baghaturia. Essential oils of medicinal and aromatic plants. Tbilisi. 2007. (In Rashen).
 2. M. Goryaev, L. Ignatova. International congress on essential oils. Tbilisi. 1968. (In Rashen).
-

UDC 663.5

SCOPUS CODE 1106

CHEMICAL-TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF WILD-GROWING JUNIPER RAW MATERIAL

- N. Baghaturia** Institute of food industry of Georgian Technical University, 17 Guramishvili Ave.,c 0192 Tbilisi, Georgia
E-mail: GFS_company@yahoo.com
- L. Kajaia** Institute of food industry of Georgian Technical University, 17 Guramishvili Ave., 0192 Tbilisi, Georgia
E-mail: kajaia-luiza-dodo@mail.ru
- N. Iluridze** Institute of food industry of Georgian Technical University, 17 Guramishvili Ave., 0192 Tbilisi, Georgia
E-mail: sofotsickiseli@yahoo.com

Reviewers:

L. Kotorashvili, Associate Doctor, Senior Researcher at Institute of Food Industry of GTU
E-mail: lkotorashvili@mail.ru

N. Begiashvili, Chairman of the Science Board, Institute of Food Industry of GTU, Doctor of Technical Sciences
E-mail: nana-begi@mail.ru

ABSTRACT. The institute of food industry developed technology of harvesting natural food additives – biologically active compounds from wild-growing juniper cones raw material. Technological parameters established thereon are the following: the speed of the distillation of residual matter should be 12-13 cm³/min, and the period of ethereal oil distillation – 1 hour. Chemical content, organoleptic, physical and chemical parameters of the juniper ethereal oil have been studied and marginal parameters determined. Juniper oil use in food industry, especially in alcohol drinks have been researched. The projects of technological instructions for harvesting essential oils from juniper cones and its raw material and internal production standards for juniper cones ethereal oils have been developed.

The scope of use of juniper essential oils has been studied to establish that these essences can be applied in food industry, as food additive, as well as in perfumery, cosmetics and pharmaceutical industry.

KEY WORDS: cones; essential oils; food additives; juniper; parameter.

UDC 663.5

SCOPUS CODE 1106

ХИМИКО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЫРЬЯ ДИКОРАСТУЩЕГО МОЖЖЕВЕЛЬНИКА

- Багатурия Н.Ш.** Институт пищевой промышленности Грузинского технического университета, Грузия, 0192, Тбилиси, проспект Гурамишвили 17
E-mail: GFS_company@yahoo.com
- Каджая Л.В.** Институт пищевой промышленности Грузинского технического университета, Грузия, 0192, Тбилиси, проспект Гурамишвили 17
E-mail: kajaia-luiza-dodo@mail.ru
- Илуридзе Н.Ш.** Институт пищевой промышленности Грузинского технического университета, Грузия, 0192, Тбилиси, проспект Гурамишвили 17
E-mail: sofotsickiseli@yahoo.com

Рецензенты:

Л. Которашвили, старший научный сотрудник, ассоц. доктор Института пищевой промышленности ГТУ
E-mail: lkotorashvili@mail.ru

Н. Бегиашвили, председатель научного совета, доктор технических наук Института пищевой промышленности ГТУ
E-mail: nana-begi@mail.ru

АННОТАЦИЯ. В Институте пищевой промышленности впервые была разработана технология получения натуральной пищевой добавки - эфирного масла из шишек дикорастущего можжевельника, произрастающего в Грузии. Установлены технологические параметры, которые заключаются в следующем: при переработке шишек многоплодного можжевельника скорость отгонки дистиллята должна быть 12-13 см³/мин.; продолжительность отгонки эфирного масла - один час. Изучен химический состав, органолептические и физико-химические показатели и установлены их предельные величины.

Разработаны проекты технологической инструкции переработки шишек можжевельника и производственный внутренний стандарт на масло можжевельника.

Установлена сфера использования масла из можжевельника.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: можжевельник; параметры; шишки; эфирные масла.

UDC 614:65

SCOPUS CODE 1401

სახელმწიფო-კერძო პარტნიორობის მნიშვნელობა სამედიცინო მომსახურების ხელმისაწვდომობის გაუმჯობესების საქმეში

ე. მოწონელიძე ბიზნესის ადმინისტრირების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 77

E-mail: info@geosis.edu.ge

რ. ქუთათელაძე ბიზნესის ადმინისტრირების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 77

E-mail: r.kutateladze@gtu.ge

რეცენზენტები:

მ. ლომსაძე-კუჭავაძე, სასწავლო უნივერსიტეტ „გეომედის“ პროფესორი

E-mail: m2008@boom.ge

გ. ამყოლაძე, სტუ-ის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის ელექტროენერგეტიკისა და ელექტრომექანიკის დეპარტამენტის პროფესორი

E-mail: g2008@boom.ge

ანოტაცია: განხილულია საკითხები და პრობლემები, რომელიც ეხება სამედიცინო მომსახურების ხელმისაწვდომობის ხარისხის გაუმჯობესებას, რის საფუძველზე განვითარდება ჯანდაცვის მართვის ორგანიზაციულ-ეკონომიკური სისტემა და სახელმწიფო-კერძო პარტნიორობა.

ჯანდაცვის სისტემაში სახელმწიფო-კერძო პარტნიორობის განვითარებისათვის შემოთავაზებულია საკითხები, რომელთა დროულად დამუშავება უფრო ხარისხიანს გახდის სამედიცინო მომსახურების ხელმისაწვდომობასა და ჯანდაცვის სახელმწიფო პოლიტიკას.

საკვანძო სიტყვები: ეკონომიკური სისტემა; სამედიცინო მომსახურების ხელმისაწვდომობა; სახელმწიფო-კერძო პარტნიორობა; ჯანდაცვა; ჯანდაცვის სახელმწიფო და კერძო სისტემა.

შესავალი

ჯანდაცვის პოლიტიკის განვითარების საქმეში დიდი როლი ენიჭება მოსახლეობისათვის სამედიცინო მომსახურების ხელმისაწვდომობის პრობლემის გადაწყვეტასა და გაუმჯობესებას.

ის ფაქტი, რომ საქართველოში ჯანდაცვა გამოცხადებულია პრიორიტეტულ დარგად მნიშვნელოვანი ფაქტორია და ამიტომაც 2016 წლის სახელმწიფო ბიუჯეტიდან 3 მილიარდი ლარი გამოყოფილია ჯანდაცვისა და სოციალური პროგრამების დასაფინანსებლად.

მოსახლეობისათვის სამედიცინო მომსახურების ხელმისაწვდომობის გაუმჯობესება და ამ საკითხების მოსაგვარებლად საჭირო პრობლემა ქვეყნის ჯანდაცვის სისტემაში სახელმწიფო-კერძო პარტნიორობის განვითარებაა.

განხილულია სახელმწიფო-კერძო პარტნიორობის საზღვარგარეთის გამოცდილება, ზოგი-

ერთი თანამშრომლობის ვარიანტი, პარტნიორობის სახეები, რომელთა გამოყენება ხელს შეუწყობს სამედიცინო მომსახურების ხელმისაწვდომობის გაუმჯობესებას.

ძირითადი ნაწილი

უკანასკნელ წლებში განვითარებულ ქვეყნებში ფართოდაა გავრცელებული სახელმწიფო-კერძო პარტნიორობა. პრაქტიკამ აჩვენა მისი დიდი მნიშვნელობა ქვეყნის ეკონომიკის განვითარებაში. აქედან გამომდინარე, იზრდება კერძო სექტორის მონაწილეობა სახელმწიფოსათვის მნიშვნელოვან პროექტებში.

საქართველოს შემთხვევაში – განვითარებადი ქვეყნის ეკონომიკის განვითარების თავისებურებების გათვალისწინებით მნიშვნელოვნად იზრდება კერძო სექტორის გააქტიურება ქვეყნისთვის სხვადასხვა სასიცოცხლო მნიშვნელობის პროექტების დაფინანსებასა და მშენებლობაში.

საქართველოში ჯანდაცვის განვითარება მთავრობის მიერ გამოცხადებულია პრიორიტეტულ დარგად და ამიტომ 2016 წლის ბიუჯეტში ჯანმრთელობასა და სოციალურ დაცვაზე გამოყოფილია 3 მილიარდ ლარზე მეტი, მათ შორის ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის გარანტირებული პროგრამების დაფინანსება.

განსაზღვრავს რა იმ ძირითადი მოთხოვნების დაკმაყოფილებას, რისი შესაძლებლობაც სახელმწიფოს აქვს მოცემულ პერიოდში, თავისთავად ცხადია, მოცემული დაფინანსება ნაწილობრივ დააკმაყოფილებს მოსახლეობისა და ქვეყნის მოთხოვნებს ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის სფეროში.

საზღვარგარეთის გამოცდილება სახელმწიფო-კერძო პარტნიორობის ჯანდაცვის სფეროში უშუალოდ მიუთითებს იმ სამედიცინო მომსახურების გაფართოებას, რომელთა სუბსიდირება სახელმწიფო ბიუჯეტიდან ხდება. ამის შესაბამისად ხდება კერძო სამედიცინო დაწესებულებებ-

ბისა და კერძო პრაქტიკის ექიმების მონაწილეობის გაფართოება სახელმწიფო პროგრამების რეალიზაციის საქმეში: კერძო სადაზღვევო სამედიცინო ორგანიზაციების პასუხისმგებლობის გაზრდა; მნიშვნელოვანია ისეთი ასოციაციების ან გაერთიანებების შექმნა სპეციალური სახელმწიფო-კერძო პარტნიორობის პროექტების ჩამოსაყალიბებლად, რომლებიც სხვადასხვა სისტემური მიდგომით გაერთიანდება სამედიცინო პროფილის უნივერსიტეტებში, სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებსა თუ ლაბორატორიებში და სხვადასხვა სისტემაში.

საქართველოს ჯანდაცვის სისტემაში კერძო სექტორის შემოსავლის პერიოდულ შეიძლება აღვნიშნოთ დრო, როდესაც მოხდა ჯანდაცვის ობიექტების განსახელმწიფოებრიობა, რასაც წინ უსწრებდა 1999 წელს დამუშავებული „კოსპიტალური სექტორის გენერალური გეგმის“ რჩევა-რეკომენდაციები, რითაც საავადმყოფოები დაყოფილ იქნა კატეგორიებად: საავადმყოფოების ნაწილი დარჩა სახელმწიფო საკუთრებაში, ნაწილის პრივატიზება მოხდა პროფილის შენარჩუნებით ან შენარჩუნების გარეშე. 2006 წელს პრივატიზების პოლიტიკის მიმართ მიდგომა არ შეიცვალა, დაიგეგმა სხვა ფორმა და მიდგომა. ჯანდაცვის პრივატიზებაზე მოსახლეობის მიდგომა არაერთგვაროვანია, რასაც ადასტურებს მეცნიერული კვლევები [1]. ამ ნაშრომით გამოკვლეულია, რომ გამოკითხულ სამედიცინო პერსონალის 31%-ს მიაჩნია, რომ საქართველოს მთავრობამ სრულად უნდა იკისროს პასუხისმგებლობა ჯანდაცვის სისტემის გამართულ ფუნქციონირებაზე, ხოლო 61% თვლის, რომ ეს პასუხისმგებლობა ჯანდაცვის სფეროში არსებულ პროფესიულ ასოციაციებს უნდა დაეკისროს.

ჩვენი მიდგომით, ეს პასუხისმგებლობა ჯანდაცვის სისტემის გამართულ ფუნქციონირებასა და მოსახლეობის სამედიცინო მომსახურების გარანტირებულ ხელმისაწვდომობაზე სახელმწი-

ფოს უნდა დაეკისროს, მაგრამ ამას როგორ უზრუნველყოფს, ეს უკვე მისი ტაქტიკური და სტრატეგიული ამოცანაა. რაც შეეხება გამოკითხულთა 61%-ს, რომ ჯანდაცვის სფეროში არსებულ პროფესიულ ასოციაციებს უნდა დაეკისროს პასუხისმგებლობა ნაწილობრივ შეიძლება გაზიარებულ იქნეს, რადგან პრივატიზების პროცესში ერთგვარადაა მსურველთა სხვადასხვა კომპანია და მოქალაქეები, რომლებსაც კანონით მინიჭებული აქვთ თანაბარი უფლებები საკუთრების შექმნაზე და ამიტომ ასეთი მიდგომა არ გამოდგება. შეგნერდეთ ერთ, ჩვენი აზრით, საინტერესო საკითხზე – კერძო სექტორმა პრივატიზაციის პროცესში შეიძინა ჯანდაცვის ობიექტები და მთავრობასთან ხელშეკრულებაში დაფიქსირებულია განსაზღვრული პერიოდი პროფილის შენარჩუნებით (7–10 წელი). ეს უკვე შემოთვალისწინებს სამედიცინო მომსახურების მომხმარებლების მხრიდან; კერძო სექტორს თავისი ძირითადი ინტერესი აქვს – ეს არის მოგების მიღება, რისთვისაც არ იშურებს ენერჯიას, კაპიტალს, გამოცდილებასა და რესურსებს. თუ ვერ მიიღო მოგება, იძულებულია შეცვალოს პროფილი, რისი უფლებაც აქვს, მაგრამ ეს უკვე აღარაა სამედიცინო მომსახურებაზე გარანტირებული ხელმისაწვდომობა, ამიტომ კანონში სახელმწიფო-კერძო პარტნიორობაზე მითითებული უნდა იქნეს გრძელვადიანი პერიოდი და, საერთოდ, თუ ვადა მითითებული არ იქნება, ჩვენი აზრით, ეს უკეთესი იქნება. კერძო სექტორის მფლობელობაში ეფექტიანად მოქმედი კლინიკები და საავადმყოფოები მოქმედებს, მაგრამ თავს იჩენს ერთი მნიშვნელოვანი საკითხი: თუ მეწარმემ ანუ კერძო მესაკუთრემ თავისი საქმიანობით ვერ მიიღო საკმარისი ამონაგები და ზარალზე მუშაობს, მაშინ დგება საკითხი მისთვის დაფინანსების შეწყვეტის შესახებ. ასეთ შემთხვევაში კანონის საფუძველზე სახელმწიფომ უნდა შეიძინოს ასეთი ობიექტები და გადაიყვანოს სახ-

ელმწიფო დაფინანსებაზე, რათა აღნიშნულ თუ დასახლებულ პუნქტში არ შეჩერდეს სამედიცინო მომსახურების მიწოდება მომხმარებელზე. ამჯერად ვერც იმ მომხმარებლებს გაგამტყუნებთ, რომლებიც მომხრე არიან, რომ სამედიცინო მომსახურება სახელმწიფოს პასუხისმგებლობით ხდებოდეს. მართალია, ასეთი სისტემა მოქმედებდა და ჰქონდა ბევრი დადებითი მხარე – სახელმწიფო უზრუნველყოფდა საყოველთაო უფასო და ხელმისაწვდომ სამედიცინო დახმარებას, მაგრამ ხელს არ უწყობდა საავადმყოფოებსა და ექიმებს შორის კონკურენციას და, ამის გამო, ადგილი ჰქონდა ფარულ კერძო საქმიანობას ჯანდაცვაში. ჩვენი აზრით, სახელმწიფოში უნდა ხდებოდეს სახელმწიფო და კერძო სამედიცინო მომსახურების გაწევა ანუ სამედიცინო მომსახურების მომხმარებელს უნდა ჰქონდეს არჩევანი, რომელ კლინიკაში მიიღოს საჭირო და აუცილებელი სამედიცინო დახმარება. მაგალითად, ინგლისში სამედიცინო მომსახურების გაწევა საერთო პრაქტიკის ექიმების მიერ შეხამებულია სამედიცინო დახმარების სახელმწიფო დაფინანსებასთან. კერძო პრაქტიკის ექიმები სამედიცინო მომსახურებას უსასყიდლოდ ეწევიან და მოქმედებენ სახელმწიფო მართვის ორგანოებთან ხელშეკრულების საფუძველზე. კერძო დაფინანსების მაგალითად შეგვიძლია ასევე მოვიყვანოთ საბჭოთა კავშირში მოქმედი წესი – ფასიანი მომსახურება, რომელსაც ეწეოდნენ სახელმწიფო სამედიცინო დაწესებულებებში, შესაბამისობაში მოდის მსოფლიოში კარგახანია ცნობილ და საქართველოში ნორმად მიღებულ თანაგადახდებთან (თანაგადახდის სიდიდე დადგენილია ნორმატიული აქტით).

დღეს საქართველოში მოქმედებს ჯანდაცვის სახელმწიფო სისტემა, რომელსაც კონსტიტუციით მინიჭებული აქვს პასუხისმგებლობა მოსახლეობის ჯანმრთელობის დაცვაზე და კერძო ჯანდაც-

ვის სისტემა, რომლის ძირითადი მიზანი სისტემის განვითარება და საკუთარი ინტერესების განხორციელებაა, მოგების მიღების გათვალისწინებით.

კერძო ჯანდაცვის სისტემა საქართველოში ვითარდება შემდეგი ფორმებით:

- კერძო (საერთო) პრაქტიკის ექიმები და მედიცინის სხვა სპეციალისტები, რომლებიც დაკავებული არიან სამედიცინო მომსახურების გაწევით, მაგრამ რაიმე ორგანიზაციულ-სამართლებრივი ფორმა არ გააჩნიათ;

- საიჯარო, ერთი პირის საწარმოების სახით, რომლებიც იურიდიული პირები არიან (საოჯახო ბიზნესი);

- საშუალო და მსხვილი სამედიცინო დაწესებულებები, რომლებიც წარმოდგენილია სხვადასხვა ორგანიზაციულ-სამართლებრივი ფორმით.

უკანასკნელ ხანს გამოიკვეთა ჯანდაცვის ობიექტების ერთმანეთთან შეერთებისა და დაჯგუფების ჩამოყალიბების ტენდენციები.

ჩვენი აზრით, სახელმწიფო საკუთრების დომინირება ხელს უშლის და ზღუდავს კონკურენტული ძალების ურთიერთმოქმედებას, ამასთან არ ვითარდება საბაზისო ურთიერთობები ჯანდაცვაში და, რაც მთავარია, სახელმწიფოს არ გააჩნია საკმარისი სახსრები, რომ მთელი ჯანდაცვის ობიექტების ქსელის საქმიანობა სრულად დააფინანსოს. კერძო ჯანდაცვის სისტემა ყველა განვითარებულ თუ განვითარებად ქვეყანაში ქმნის პირობებს, რომ სამედიცინო მომსახურება ხდებოდეს კონკურენტულ გარემოში და ამის საფუძველზე უფრო წარმატებით განვითარდეს სამედიცინო მომსახურების ბაზარი. რაც უფრო ძლიერდება ჯანდაცვის ობიექტებს შორის კონკურენცია, მით უფრო მიმდინარეობს ძიება სამედიცინო მომსახურების ისეთ ვარიანტზე, რომელიც შეამცირებს ხარჯებს მომხმარებლის სამედიცინო დახმარების გაწევაზე.

კერძო ჯანდაცვის სისტემა მოწოდებულია მიიზიდოს დამატებითი ინვესტიციები ახალი შე-

ნობებისა და ინფრასტრუქტურების, ახალი ტექნოლოგიებისა და ტექნიკის შექმნა-დანერგვაზე. შედეგად მომხმარებელი დებულობს გაუმჯობესებულ და ინოვაციურ სამედიცინო მომსახურების ისეთ ფორმებს, რომლებზეც ადრე ფიქრიც არ შეიძლებოდა.

საქართველოს ჯანდაცვის სისტემაში ჯანდაცვის ობიექტების მმართველობა გამოკვეთილია შემდეგი სახის მესაკუთრეთა მიხედვით: არის სახელმწიფო საკუთრებაში არსებული საავადმყოფოები, საავადმყოფოების 30%-ის მფლობელები კერძო პირები არიან. სადაზღვევო კომპანიები კი საავადმყოფოების 42%-ის მფლობელებია (ჰოსპიტალური სექტორების ნაწილის პრივატიზაცია 2005 წლის შემდეგ დაიწყო).

ამ მონაცემების საფუძველზე ჩანს, რომ კერძო ჯანდაცვის სისტემა მოქმედებს საკუთარი ინტერესების მიხედვით, სახელმწიფო ჯანდაცვა კი – მთელი მოსახლეობისათვის, რადგან მის მფლობელობაში ძირითადად ფსიქიატრიული და სხვა სპეციფიკური სამედიცინო ობიექტებია.

საქართველოში მოქმედი სახელმწიფო (საჯარო)-კერძო პარტნიორობა ჯანდაცვის სისტემაში მიმართულია იმ მიზნისკენ, რათა უფრო გაიზარდოს ხელმისაწვდომობა სამედიცინო დახმარებაზე, ამადლდეს სამედიცინო მომსახურების ხარისხი და სამედიცინო ობიექტებს შორის კონკურენციის დონე, მომსახურების ღირებულების შემცირების მიზნით.

ჩვენი აზრით, კარგი იქნებოდა სახელმწიფო - კერძო პარტნიორობის განვითარების საქმეში გამოგვეყენებინა პარტნიორობის ისეთი სახე, როგორცაა სამეწარმეო ორგანიზაციის შექმნა, რომელსაც სახელმწიფო გადასცემდა რომელიმე ჯანდაცვის ობიექტს, რომლის ქონების 100% სახელმწიფოსი იქნებოდა, ხოლო სამეწარმეო კომპანია გაუწევდა ხელმძღვანელობას, წარმართავდა სამეურნეო, მენეჯერულ საქმიანობასა და სამედიცინო მომსახურებას. ასეთ პარტნიორო-

ბას შორის განსხვავება ისაა, რომ აქ საკუთრება სახელმწიფოსია, ხოლო მმართველობა და საქმიანობა – კერძო ფორმისა. ასეთი სამეწარმეო ორგანიზაციის საქმიანობა მიმართულია მოგების მიღებაზე, მისი საქმიანობის დაფინანსება უფრო მოსახერხებელია როგორც სახელმწიფო ბიუჯეტიდან, ასევე კერძო ინვესტიციებით. ასეთ ორგანიზაციებს შეიძლება გადაეცეს ჯანდაცვის სახელმწიფო პროგრამების შესრულება, რომელთა დაფინანსება ბიუჯეტიდან ხდება.

საქართველოს ჯანდაცვის სისტემაში [6] უკვე დაწყებულია მუშაობა სახელმწიფო -კერძო პარტნიორობის განვითარებაზე, ეკონომიკისა და მდგრადი განვითარების სამინისტროში კი მუშაობენ კანონზე კერძო და საჯარო სტრუქტურების თანაარსებობის შესახებ, რაც მეტად დროულია, რაზეც ჩვენც მივუთითებთ [2]. შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის სამინისტროს პოზიციით, კერძო და სახელმწიფო კლინიკებს თანაბარი პირობები ექნება. ჩვენი აზრით, ასეთი მიდგომით არ მოხდება კერძო საავადმყოფოების სამეურნეო, კლინიკურ და მმართველ საქმიანობაში ჩარევა. რაც შეეხება სამედიცინო მომსახურების შესახებ ნორმატიულ დოკუმენტებსა და სახელმწიფო ჯანდაცვის პროგრამაში მონაწილეობას, თავისთავად თანაბარი პირობები იქნება შენარჩუნებული. ჩვენი აზრით, ეს არის სახელმწიფო -კერძო პარტნიორობის სახელმწიფოებრივი მიდგომა, რითაც გაფართოვდება და განვითარდება კერძო ჯანდაცვის სისტემა, რომელიც სახელმწიფო ჯანდაცვის სისტემასთან ურთიერთსასარგებლო საქმიანობის მეშვეობით უფრო ხელმისაწვდომს და ხარისხიანს გახდის სამედიცინო მომსახურებას.

დასკვნა

ჯანდაცვის განვითარებას და, შესაბამისად, სამედიცინო მომსახურების ხელმისაწვდომობას ხელს უშლის სახელმწიფო საკუთრების დომინირება. მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში ეფექტიანად მოქმედებს სახელმწიფო - კერძო პარტნიორობა. საქართველოში ამ პარტნიორობას განვითარების ტენდენციები აქვს. ჩვენი აზრით, ამ პარტნიორობის ეფექტიან ეტაპზე გადასაყვანად კარგი იქნება თუ გამოყენებული იქნება ჩვენ მიერ შემოთავაზებული საკითხები:

1. სამეწარმეო კომპანიის შექმნა, რომელსაც სახელმწიფო გადასცემს საკუთრებას სამართავად და გამოსაყენებლად ანუ სახელმწიფოს უნარჩუნდება 100% წილი, კომპანია კი ახდენს როგორც სამედიცინო მომსახურების გაწევას, ასევე სამეურნეო საქმიანობის მართვას;

2. საჭიროა დროულად მიღებულ იქნეს კანონი სახელმწიფო-კერძო პარტნიორობის შესახებ, რითაც თანაბარ პირობებში უნდა მოექცეს როგორც სახელმწიფო, ისე კერძო სამედიცინო ობიექტები.

3. დარეგულირდეს პარტნიორობის ადმინისტრაციული, საფინანსო, სამოქალაქო და ორგანიზაციულ-ეკონომიკური მექანიზმი.

ცხადია, ეს არ არის ამომწურავი, მასალები მრავალფეროვანია, მაგრამ პარტნიორობის განვითარებაზე სახელმწიფოებრივი მიდგომა მრავალ პრობლემას მოაგვარებს, მათ შორის ყველაზე მნიშვნელოვანს – მოსახლეობის სამედიცინო მომსახურებაზე ხელმისაწვდომობის გაუმჯობესებას;

4. მთავრობის დონეზე შეიქმნას სახელმწიფო-კერძო პარტნიორობის საკონსულტაციო საბჭო ან კომისია და მაკონტროლებელი ორგანო.

ლიტერატურა

1. State Healthcare Strategy of Georgia 2011-2015. “Ministry of Labor, Health and Social Affairs of Georgia”. (In Georgian).
2. “Transparency International Georgia”, The Georgian Hospital Sector, Tbilisi, 2012. (In Georgian).
3. T. Verulava. “Public-Private Partnership Model in Healthcare Sector”, Tbilisi, “Liberali” magazine 10.04.2015. (In Georgian).
4. E. Motsonelidze. “The Role of Public-Private Partnership for Enhancement of Organizational and Economic System of Healthcare”, Business Engineering №4.2015, quarterly journal. (In Georgian).
5. G. Amkoladze, M. Pirtskhalava, M. Lomsadze-Kuchava, etc. “Management, marketing appeal and economic mechanisms of Healthcare, health improvement, prevention and recreation objects”, Grant project (№252-2-8-166), Tbilisi, 2011. (In Georgian).
6. Statement of Georgian Government (2014. 26-12, №724) on approving the 2014-2020 government concept of “Public Healthcare and Quality Control for Protection of Patients Rights”, Tbilisi, 2014. (In Georgian).

UDC 614:65

SCOPUS CODE 1401

THE IMPORTANCE OF PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP FOR ENHANCEMENT OF HEALTHCARE ACCESSIBILITY

E. Motsonelidze Department of Business Administration, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: info@geosis.edu.ge

R. Kutateladze Department of Business Administration, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: r.kutateladze@gtu.ge

Reviewers:

M. Lomsadze-Kuchava, Professor, “Geometri” university
E-mail: m2008@boom.ge

G. Amkoladze, Professor, Department of Power Engineering and Electromechanics, Faculty of Power Engineering and Telecommunications, GTU
E-mail: g2008@boom.ge

ABSTRACT. The issues and problems related to the enhancement of healthcare accessibility level are discussed and characterized in this work, on the basis of which organizational economic system of healthcare and public-private partnership will be developed.

The authors propose ideas for the development of public-private partnership in healthcare system. The timely processing of these ideas will ensure better levels of healthcare accessibility and higher quality of government healthcare policy.

KEY WORDS: accessibility of medical service; economic system, government and private system of healthcare; healthcare; public-private partnership.

UDC 614:65

SCOPUS CODE 1401

ЗНАЧЕНИЕ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА В ДЕЛЕ УЛУЧШЕНИЯ ДОСТУПНОСТИ МЕДИЦИНСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Моцонелидзе Э.Р. Департамент бизнес-администрирования, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: info@geosis.edu.ge

Кутателадзе Р.Г. Департамент бизнес-администрирования, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: r.kutateladze@gtu.ge

Рецензенты:

М. Ломсадзе-Кучава, профессор учебного университета «Геомед»

E-mail: m2008@boom.ge

Г. Амколадзе, профессор Департамента электроэнергетики и электромеханики факультета энергетики и телекоммуникации ГТУ

E-mail: g2008@boom.ge

АННОТАЦИЯ. Изучены вопросы и описаны проблемы, касающиеся улучшения качества доступности медицинского обслуживания, на основе которого будут развиваться организационно-экономическая система управления здравоохранением и государственно- частное партнерство.

Авторами намечены пути для развития государственно-частного партнерства в системе здравоохранения. Своевременное изучение имеющихся проблем сделает более качественным доступность медицинского обслуживания и государственную политику здравоохранения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: государственно-частное партнерство; государственная и частная система здравоохранения; доступность медицинского обслуживания; здравоохранение; экономическая система.

UDC 33 (076)

SCOPUS CODE 1405

ინოვაციური მენეჯმენტი და მცირე და საშუალო საწარმოები

ე. შილაკაძე ტრანსპორტისა და მანქანათმშენებლობის მენეჯმენტის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ა
E-mail: eshilakadze@gmail.com

რეცენზენტები:

მ. ჯანიკაშვილი, სტუ-ის რექტორის მრჩეველი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი
E-mail: mikheiljanikashvili@gmail.com

დ. თავხელიძე, სტუ-ის აგრარული მეცნიერებებისა და ბიოსისტემების ინჟინერიის ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: tavkheldidze@gtu.ge

ანოტაცია: გამოსაკვლევი საწარმოების მდგომარეობის ანალიზის შემდეგ აუცილებელია მათი ფუნქციონირების ეფექტურობის გაზრდის საკითხების განხილვა, რადგან ტრანსფორმაციული პროცესების დაწყების მომენტიდან მცირე და საშუალო ბიზნესი ეკონომიკის ერთ-ერთი მასშტაბილიზებული ფაქტორი გახდა. საკმაოდ შემჭიდრობულ პირობებში განვითარებით, მრეწველობის მცირე და საშუალო საწარმოების სექტორი მომწიფებულ სოციალურ კონფლიქტების, გამოთავისუფლებული და დაუსაქმებელი თანამშრომლების ამოქმედებით ხელს უწყობს ეკონომიკის ტრანსფორმაციის, კონკურენტული გარემოს ფორმირების განხორციელებას.

საკვანძო სიტყვები: ინოვაციური მეწარმეობა; კონკურენტული გარემო; მცირე და საშუალო საწარმოები; საინოვაციო მენეჯმენტი; სახელმწიფო პროგრამები.

შესავალი

მრეწველობის მცირე და საშუალო საწარმოები მთელი ქვეყნის ეკონომიკური პოტენციალის განვითარების მნიშვნელოვანი შემადგენელი ნაწილია.

ზოგადად, მცირე ბიზნესი და ინოვაციური მეწარმეობა ერთი და იგივე არ არის. უმეტეს შემთხვევაში მცირე ბიზნესი არ არის ინოვაციური. ტერმინი „ინოვაცია“, მიუხედავად განმარტებათა სიმრავლისა, ყველაზე ზუსტად ამ ტერმინის ავტორმა ი. შუმპეტერმა განმარტა: „ინოვაცია არის კომერციალიზებული გამოგონება“ [1] აქედან გამომდინარე, ინოვაცია, ფართო გაგებით, ინოვაციური პროცესის საბოლოო შედეგია და ბაზარზე რეალიზებადი, ახალი ან სრულყოფილი პროდუქტის სახით გამოდის. შესაბამისად, ის მცირე საწარმოები, რომლებიც არსებული ან ახალი ტექნოლოგიით ახალ პრო-

დუქტს აწარმოებს, ახალი ტექნოლოგიით ცნობილ პროდუქტს, ასევე მცირე საინოვაციო საწარმოებად გვევლინება [2].

საინოვაციო მენეჯმენტი, საინოვაციო საქმიანობა, როგორც ნებისმიერი სამეურნეო (ეკონომიკური) საქმიანობა, მოითხოვს სათანადო მართვას ანუ საინოვაციო მენეჯმენტს [3].

საინოვაციო მენეჯმენტი მოიაზრება სტრატეგიული მენეჯმენტის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მიმართულებად, რომელსაც ორგანიზაციის ხელმძღვანელობა ახორციელებს უმაღლეს დონეზე. საინოვაციო მენეჯმენტის მიზანია ფირმის (საწარმოს) მეცნიერულ-ტექნიკური და ეკონომიკური საქმიანობის (ბიზნესის) ძირითად მიმართულებათა განსაზღვრა: ახალი პროდუქციის დამუშავება და დანერგვა (საინოვაციო საქმიანობა); იმ პროდუქციის მოდერნიზაცია და სრულყოფა, რომელსაც აწარმოებენ; პროდუქციის ტრადიციული სახეების წარმოების შემდგომი სრულყოფა; წარმოებიდან მოძველებული პროდუქციის მოხსნა. ყოველივე ეს განპირობებულია საქონლის კონკურენტუნარიანობის ამაღლებით, რასაც არსებითი მნიშვნელობა აქვს საბაზრო ეკონომიკის პირობებში. საინოვაციო მენეჯმენტში მთავარი ყურადღება ექცევა ინოვაციის სტრატეგიისა და ღონისძიებათა შემუშავებას, რომლებიც მიმართულია მათ რეალიზაციაზე. ფირმის სტრატეგიის პრიორიტეტული მიმართულება პროდუქციის ახალი სახეების დამუშავება და მისი წარმოებაა, ვინაიდან სწორედ ეს განსაზღვრავს ყველა დანარჩენი მიმართულების განვითარებას.

ამრიგად, საინოვაციო მენეჯმენტის განხორციელება გულისხმობს: საინოვაციო საქმიანობის გეგმებისა და პროგრამების დამუშავებას; ახალი პროდუქციის შექმნისა და მისი დანერგვის პროცესებისადმი დაკვირვებას; ახალი პროდუქტების შექმნის პროექტების განხილვას; ერთიანი საინოვაციო პოლიტიკის გატარებას (ამ მიმარ-

თულებით საქმიანობის კოორდინაცია საწარმოო სტრუქტურებში); საინოვაციო საქმიანობის პროგრამების უზრუნველყოფას ფინანსური და მატერიალური რესურსებით, კვალიფიციური პერსონალით; დროებითი მიზნობრივი ჯგუფების (აღაპტური სტრუქტურების) შექმნას ინოვაციური პრობლემების კომპლექსურად გადაწყვეტისათვის – იდეიდან პროდუქციის სრულ წარმოებამდე.

ინოვაციური მენეჯმენტი გულისხმობს მართვის ისეთი სისტემის შექმნას, რასაც შედეგად მოჰყვება მისი გაიაფება, ოპერატიულობისა და მოქნილობის ამაღლება, ოპტიმალურობა და მომგებიანობის არსებითი ზრდა. ინოვაცია დანერგილი სიახლეა, რომელიც თვისებრივად აუმჯობესებს საწარმოო პროცესებს და იმ პროდუქციის ხარისხს, რომელსაც ბაზარი ითხოვს [4].

ინოვაციური საქმიანობის ისეთი მოქნილი ორგანიზაციული ქვესტრუქტურების შექმნა, რომელიც სამეცნიერო-კვლევითი საქმიანობის, საცდელ-საკონსტრუქტორო და დანერგვითი სამუშაოების ეფექტურად განხორციელებას უზრუნველყოფს [5].

ინოვაციური მენეჯმენტი მრეწველობის მცირე და საშუალო საწარმოების მრავალმხრივი საქმიანობის მუდმივი განახლებაა, კვლევებისა და იდეების წარმატებულ ბიზნესად გადაქცევის ორგანიზება და მართვა. თავისი არსით, ინოვაციური მენეჯმენტი სხვა არაფერია თუ არა ცვლილებების მართვა, რომელიც მცირე და საშუალო საწარმოების კონკურენტუნარიანობის გაზრდამდე მიგვიყვანს. სხვა სიტყვებით, ინოვაციურ მენეჯმენტში უნდა გავიგოთ მმართველი ზემოქმედება მითითებული ფაქტორების ცვლილებაზე. ინოვაციური მენეჯმენტი არის სიახლეების, კვლევებისა და იდეების წარმატებულ ბიზნესად გადაქცევის ორგანიზება და მართვა, მოიცავს მარკეტინგს, აუდიტს, ინვესტიციებს, სამართალს და მენეჯმენტს კომპლექსურად [6].

აუცილებელია ინოვაციური მენეჯმენტის გამოყენება ქვეყნის მცირე და საშუალო საწარმოებში, საზღვარგარეთის სხვადასხვა ქვეყნის გამოცდილების გათვალისწინებით.

აღმოსავლეთის პარტნიორობის სამოქალაქო საზოგადოების ეროვნული პლატფორმა მეორე სამუშაო ჯგუფმა „ეკონომიკური ინტეგრაცია“ დაამუშავა და წარმოადგინა დოკუმენტის სახით: „საინოვაციო პოლიტიკა საქართველოში“ – რეკომენდაციები საქართველოს ხელისუფლებას. დოკუმენტი ეხება საქართველოს ეკონომიკური განვითარების უმნიშვნელოვანეს საკითხს – საინოვაციო პოლიტიკას, ჩვენი აზრით, დღეისათვის კარგად შემუშავებულ სახელმძღვანელო დოკუმენტს, სადაც აღნიშნულია, რომ საქართველოში არსებული მდგომარეობა შეიძლება დაგახასიათოთ, როგორც საინოვაციო პოლიტიკის შემუშავების წინა ეტაპი. ეს ნიშნავს, რომ პოლიტიკა როგორც ნორმატიული დოკუმენტების ერთიანი სისტემა ჯერ არ არსებობს, მაგრამ ინოვაციის საკითხები ჩართულია ქვეყნის განვითარებაზე მსჯელობის დღის წესრიგში [7].

მსოფლიოს საინოვაციო პროცესების შესწავლისა და საქართველოს ინოვაციის სფეროში მდგომარეობის ანალიზის შედეგად შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ საინოვაციო პოლიტიკის მიმართ დამოკიდებულება ჩვენთან ნეგატიურიდან პოზიტიურისკენ შეიცვალა. შეიქმნა წინაპირობები საინოვაციო პოლიტიკის შემუშავებისა და მთავრობის მხრიდან პრაქტიკული ნაბიჯების გადადგმისთვის, ინოვაციური განვითარების მიმართულებით.

მცირე და საშუალო მეწარმეობის მაკროეკონომიკური ასპექტების და მენეჯმენტის საკითხების შესწავლასა და დამუშავებასთან ერთად, ქართულ სამეცნიერო-ეკონომიკურ ლიტერატურაში, სათანადო დონეზე შესწავლილი არ არის ინოვაციური მენეჯმენტის განვითარების

საკითხები; მიკრო, მცირე და საშუალო მეწარმეობაში შესაბამისად არ არის შექმნილი სახელმწიფო მხარდაჭერის სისტემის ინსტიტუციური მოწყობის, მხარდაჭერის მექანიზმების, რეგიონალური პროგრამების შემუშავებისა და ცალკეული კატეგორიების მეწარმეთა ხელშეწყობის მეთოდური და ორგანიზაციული საკითხები.

ძირითადი ნაწილი

თანამედროვე საბაზრო ეკონომიკის პირობებში სწრაფად ვითარდება ინფრასტრუქტურა, რომელიც უზრუნველყოფს ამ საწარმოების მოთხოვნილებებს. კერძოდ, ბოლო 2–3 წლის განმავლობაში ინტენსიურად ვითარდება როგორც მცირე ბიზნესის დაკრედიტების საბანკო ფორმები, ისე მიკროდაფინანსების პროგრამები.

ამასთან, დაფინანსების არსებული შესაძლებლობები ვერ უზრუნველყოფს მრეწველობის მცირე და საშუალო საწარმოების მრავალ მოთხოვნას. ეს ეხება იმ საწარმოებსაც, რომლებიც უკვე მუშაობს ტრადიციულ სექტორებში, განსაკუთრებით ისეთ ჯგუფებს, რომლებიც იღებენ სტარტს და ინოვაციურ საწარმოებს.

მსოფლიოში მცირე და საშუალო საწარმოებს მიეკუთვნება ნებისმიერი საწარმო, სადაც დასაქმებულთა რიცხვი 250-მდე ან ზოგჯერ 500 ადამიანამდეა.

მცირე და საშუალო საწარმოების კლასიფიკაცია შემდეგნაირად ხდება:

პირველი კლასი – დინამიკური და მოქნილი, ინოვაციების მიმართ მგრძობიარე, დივერსიფიცირებული;

მეორე კლასი – საოჯახო (ტრადიციული), შემავალი ადგილობრივი ბიზნესის გარემოში;

მესამე კლასი („სტარტ-უპს“) – არამდგრადი, მებრძოლი არსებობისათვის.

მრეწველობის მცირე და საშუალო საწარმოები ნებისმიერი განვითარებული სამეურნეო სისტემის

უცვლელი ელემენტია, რომლის გარეშე ეკონომიკა და საზოგადოება მთლიანობაში ნორმალურად ვერ იარსებებს და ვერ განვითარდება. თუმცა, ნებისმიერი განვითარებული სახელმწიფოს მეცნიერულ-ტექნიკურ დონეს და სამრეწველო პოტენციალს განსაზღვრავს მსხვილი საწარმოები, მაგრამ ამ ქვეყნების ცხოვრების საფუძველი მრეწველობის მცირე და საშუალო საწარმოებია, როგორც საქმიანი ცხოვრების შედარებით მასობრივი, დინამიკური და მოქნილი ფორმა. ეს განპირობებულია ამ საწარმოების სექტორის დიდი სოციალურ-ეკონომიკური მნიშვნელობით, რომელიც აერთიანებს ყოველდღიურ შრომით საქმიანობაში ჩართული მოსახლეობის ძირითადი მასის სასიცოცხლო ინტერესებს.

მრეწველობის კონკურენტუნარიანი მცირე და საშუალო საწარმოების ფუნქციონირება ხელს უწყობს ეკონომიკის კონკურენტული ტონუსის შენარჩუნებას და მნიშვნელოვან როლს ასრულებს სოციალური დაძაბულობის დაძლევაში, რაც დაკავშირებულია ზოგიერთი სამრეწველო პროგრამის სწრაფ დანერგვასთან ქვეყანაში, სადაც მოსახლეობას აქვს მცირე შემოსავალი, ეროვნული ეკონომიკის კონკურენტუნარიანობის არასაკმარისი დონე, ასევე კრიზისი, რომელიც მთელ მსოფლიო ეკონომიკას მოიცავს.

მიუხედავად სახელმწიფო პროგრამების ყოველწლიური დამტკიცებისა, რომლებიც მიმართულია მრეწველობის მცირე და საშუალო საწარმოების განვითარების სტიმულირებაზე, საშუალებათა სუბსიდირებაზე ფედერალური, რეგიონალური და მუნიციპალური ბიუჯეტიდან, ეს ზომები ვერ შეუწყობს ხელს კარდინალურ ცვლილებებს ამ საწარმოების სფეროში, ვინაიდან მათი განვითარების დონე არასაკმარისი რჩება, გლობალურ საზოგადოებაში წარმატებული ინტეგრაციის განსახორციელებლად.

გამოსაკვლევი საწარმოების მდგომარეობის

ანალიზის შემდეგ აუცილებელია მათი ფუნქციონირების ეფექტურობის ზრდის საკითხზე გადასვლა, რადგან ტრანსფორმაციული პროცესების დაწყების მომენტიდან მცირე და საშუალო ბიზნესი გახდა ეკონომიკის ერთ-ერთი მასტაბილიზებული ფაქტორი. საკმაოდ შემჭიდროებულ პირობებში განვითარებით, მრეწველობის მცირე და საშუალო საწარმოების სექტორი მომწიფებული სოციალური კონფლიქტების, გამოთავისუფლებული და დაუსაქმებელი თანამშრომლების ამოქმედებით ხელს შეუწყობს ეკონომიკის ტრანსფორმაციის, კონკურენტული გარემოს ფორმირების განხორციელებას.

საკვლევი ობიექტების საქმიანობაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს კანონმდებლობის ხარისხი და სახელმწიფო პოლიტიკის გამოყენებული ინსტრუმენტები, განვითარებული ნორმატიული აქტები, პროგრამები და სხვა.

საზღვარგარეთის გამოცდილებამ გვიჩვენა, რომ მრეწველობის მცირე და საშუალო საწარმოებს პრაქტიკულად არ შეუძლია ფუნქციონირება სახელმწიფოს მხარდაჭერის გარეშე. სამეურნეო სუბიექტების მონაცემების განვითარება ითვალისწინებს შესაბამისი რეგიონალური და სახელმწიფო პოლიტიკის განხორციელებას, რომელიც უზრუნველყოფს მათი განვითარების ხელსაყრელ პირობებს: საგადასახადო და საფინანსო-საკრედიტო სტიმულირება, სამართლებლივი რეგულირება, სპეციალური ინსტიტუტები, რომლებიც წარმოდგენილი პოლიტიკის გატარებას უზრუნველყოფს. ყველაფერი ეს, რა თქმა უნდა, აისახება მრეწველობის მცირე და საშუალო საწარმოების კონკურენტუნარიანობის ეფექტურობაზე.

ჩვენი აზრით, მრეწველობის მცირე და საშუალო საწარმოებს შეუძლია უზრუნველყოს ის კონკურენტული გარემო, რომელიც ასე აკლია მრეწველობას. უნდა ვაღიაროთ, რომ მრეწველობის მცირე და საშუალო საწარმოების მხარდაჭე-

რის სახელმწიფო სისტემის ძირითადი ელემენტები და ატრიბუტები დღეს შექმნილია როგორც ფედერალურ, ისე რეგიონალურ დონეზე, თუმცა მთლიანობაში ეს სისტემა არაეფექტურია.

ასეთი სიტუაციის მიზეზები შემდეგშია: არასაკმარისი სტიმული და გამოცდილება ამ საწარმოების განვითარებისათვის; იქმნება შთაბეჭდილება, რომ მთავრობის ძალისხმევა, რომელიც მიმართულია ამ სექტორის განვითარებაზე, ჯერ კიდევ არასაკმარისადაა რეალიზებული; ცხადია, რომ მრეწველობის მცირე და საშუალო საწარმოები საქართველოში საჭიროებს განვითარებას და მათი პოტენციალი ამოუწურავია.

აქედან გამომდინარე, ჩვენი აზრით, მრეწველობის მცირე და საშუალო საწარმოების როლი არ შეიძლება შეფასდეს ტრადიციულად, როგორც ხდება სტაციონარულ ეკონომიკაში, მაგ., მხოლოდ რაოდენობრივი მაჩვენებლებით. ასეთი შეფასება ზედაპირულია. მრეწველობის მცირე და საშუალო საწარმოებს, როგორც საზოგადოებრივი საწარმოების განსაკუთრებულ სექტორს, აქვს საკმაოდ უმნიშვნელო კუთრი წონა. მისი უდიდესი ნაწილი იმყოფება ჩრდილოვან ეკონომიკაში და არ აისახება ოფიციალური სტატისტიკური ანგარიშით, თუმცა განსაზღვრავს საზოგადოებრივი წარმოების მნიშვნელოვანი ნაწილის გადარჩენის პირობებს.

მრეწველობის მცირე და საშუალო საწარმოების მიმართ ინტერესი განპირობებულია ტექნოლოგიური პროცესების სრულყოფის აუცილებლობით მეცნიერულ-ტექნიკური პროგრესის მიღწევის დანერგვის საფუძველზე.

სამეცნიერო და სასწავლო ლიტერატურის ანალიზს მიეყვართ იმ დასკვნამდე, რომ თანამედროვე მენეჯმენტის თეორიასა და პრაქტიკაში ჯერ კიდევ საკმარისად არ არის ასახული მცირე და საშუალო საწარმოების საქმიანობის მართვის საკითხები.

ჩვენი აზრით, ქართული ეკონომიკის აღსად-

გენად აუცილებელია მცირე და საშუალო საწარმოების მაქსიმალურად გაზრდა; მცირე, საშუალო და მსხვილ სამრეწველო საწარმოებს შორის ურთიერთკავშირის განვითარების სტიმულირება; უცხოური გამოცდილების გამოყენება. ყველაფერი ეს უნდა გახდეს საერთო პოლიტიკის ნაწილი სამამულო ეკონომიკის რესტრუქტურისაციის სფეროში, ვინაიდან ბიზნესი მთლიანობაში, მასშტაბებისგან დამოუკიდებლად, ერთიანი ურთიერთდაკავშირებული პროცესია.

მსხვილი საწარმოები მოხვეჭილი პოზიციების შესანარჩუნებლად ბაზარზე და წარმოებაში მიღის მოდიფიკაციის და ტრადიციულად გამოშვებული პროდუქციის გაუმჯობესების გზებით, ორიენტირებულია ბაზრის გაფართოებაზე. მცირე და საშუალო საწარმოები ხელს უწყობს ახალი პროდუქციის შექმნას ანუ ქმნის ახალ ბაზრებს, შედარებით დინამიკურია ცვლად საბაზრო პირობებში, მუშაობს დიდი ეფექტურობით. მრავალი კვლევის მონაცემებით, წარმოების მცირე და საშუალო საწარმოები აწარმოებს ორჯერ უფრო მეტ სიახლეს, რომელიც მოდის ერთ თანამშრომელზე, ვიდრე მსხვილი საწარმოები.

მრეწველობის მცირე და საშუალო საწარმოები უფრო ხშირად ორიენტირებულია გვერდითი გადაწყვეტილებების და მსხვილი ფირმების მიერ წარმოებული პროდუქციის რეალიზაციაზე, სარისკო, მაგრამ მცირე საქმიანობის შესრულებაზე, მეცნიერების მიერ მიწოდებულ შეკვეთებსა და ინიციატივიან დამუშავებაზე. ამ საწარმოების უტყუარი უპირატესობა ინოვაციურ სფეროში მსხვილ ბიზნესს აიძულებს მათთან თანამშრომლობას. ასეთი თანამშრომლობის ორგანიზაციული მექანიზმი შეიძლება იყოს:

-მრეწველობის მცირე და საშუალო საწარმოების კოოპერაციული კავშირები მსხვილ საწარმოებთან (საბაზრო ინტეგრაცია);

-მსხვილი ბიზნესის მონაწილეობა დამოუკი-

დებელი მცირე და საშუალო საწარმოების ფორმირებაში, ბიზნესის კორპორაციული მომგებიანი ინკუბატორების შექმნის გზით, ვენჩურული დაფინანსება;

- მრეწველობის მცირე და საშუალო ავტონომიური საწარმოების შექმნა მსხვილ მასშტაბში, გამოყოფის ან შთანთქმის გზით;

- ურთიერთქმედების რამდენიმე ფორმის ერთდროული გამოყენება (საბაზრო ინტეგრაცია და ავტონომიური ქვედანაყოფები, საბაზრო ინტეგრაცია და ინკუბაცია).

ჩვენი აზრით, მრეწველობის მცირე და საშუალო ინოვაციური საწარმოების შესაქმნელად საჭიროა შემდეგი პირობები:

- კომერციული იდეა, რომელიც ასახავს სიახლის არსს;

- საზოგადოებრივი მოთხოვნილება ამ სიახლეზე;

- ბიზნესმენი, რომელიც მზადაა მოახდინოს იდეის რეალიზაცია (რა თქმა უნდა, მისასაღმებელია ფორმირებული გუნდის არსებობა);

- კაპიტალი.

დამოუკიდებელი ინოვაციური მრეწველობის მცირე და საშუალო საწარმოები წარმოიქმნება დამფუძნებლების საკუთარი კაპიტალის ან საბანკო კრედიტის მოზიდვის შემთხვევაში.

საინტერესოა გამოცდილება: სპინ-ოფი (ინგლისურიდან Spin-off) – მცირე ფირმა, რომელიც გამოეყო სამეცნიერო-სამრეწველო ორგანიზაციას, სამხედრო და კოსმოსური შემუშავების სამოქალაქო გამოყენებისთვის.

ასეთ ფირმებს ფუნქციონირება შეუძლია მხოლოდ სახელმწიფოს აქტიური მხარდაჭერის შემთხვევაში (ინფორმაციული, ფინანსური, ორგანიზაციული, საგანმანათლებლო, იურიდიული).

ლიტერატურიდან ცნობილია, რომ მცირე და საშუალო ინოვაციური საწარმოების განვითარებისათვის საჭიროა შემდეგი პირობები:

- ქვეყანაში სტაბილური ეკონომიკური მდგომარეობა;

- გადახდისუნარიანი მოთხოვნის არსებობა ახალ ტექნოლოგიებზე, პროდუქტებსა და მომსახურებაზე;

- ვენჩურული დაფინანსების განვითარებული სისტემა;

- ინოვაციური კულტურის მეცნიერულ-ტექნიკური პოტენციალის მაღალი დონე ქვეყანაში;

- მრეწველობის მცირე და საშუალო საწარმოების, ტექნოპარკების, ვენჩურული ფონდების საქმიანობის კანონმდებლობით რეგულირება.

არსებობს მცირე და მსხვილი ბიზნესის კოოპერაციის რამდენიმე ფორმა:

- მსხვილი ფირმების შეკვეთით მუშაობა (საბაზრო ინტეგრაცია);

- მცირე ნოვატორული ფირმების შექმნა ყველაზე მსხვილი საწარმოების მიერ (ადრე დამოუკიდებელი მცირე ფირმების ჩართვა მსხვილი ფირმების შედგენილობაში (შთანთქმა);

- შთანთქმის და საბაზრო ინტეგრაციის ერთდროული გამოყენება (მარაოსებრი ორგანიზაცია);

- სახელმწიფოს მნიშვნელოვანი როლი მცირე და საშუალო ინოვაციური ბიზნესის განვითარებაში.

ამასთან დაკავშირებით, მთავრობა ყოველწლიურად ამუშავებს მცირე და საშუალო ინოვაციური საწარმოების მხარდამჭერ პროგრამას. ანალოგიური პროგრამები მიიღება რეგიონალურ დონეზეც, თუმცა საქართველოში 10%-ზე ნაკლები მოდის მცირე საწარმოების წილზე (50%-ზე მეტი აშშ-ში). ასეთი სიტუაციის ყველაზე მნიშვნელოვანი მიზეზი სწორედ ინოვაციური ინფრასტრუქტურის განვითარებლობაა.

არსებული პრობლემები, ინოვაციური პროექტების ეფექტური მართვის სფეროში, სამრეწველო საწარმოებში შეიცავს არა მხოლოდ რესურსული ნედლეულის ბაზის შეზღუდვას, არამედ განვი-

თარეული ინოვაციური კულტურის და ინფრასტრუქტურის არარსებობას, რომლებიც უზრუნველყოფს ბაზრის სტაბილურობას, სიცხადეს და ადეკვატურობას ინოვაციური პროექტების ფორმირებისა და რეალიზაციის პროცესში.

ინოვაციური საქმიანობის მიმართ ყურადღება განპირობებულია იმით, რომ მოწინავე მსოფლიო სახელმწიფოები ისწრაფვიან ტექნოლოგიური ლიდერობისა და საკუთარი ინოვაციური სისტემების ეფექტურობის ამაღლებისკენ.

თუმცა, მცირე და საშუალო საწარმოების ინოვაციური საქმიანობის ეფექტურობის შეფასების მთლიანი და ეფექტური სისტემის არქონის გამო, მათი ინოვაციური აქტივობის ზრდის სტრატეგია აისახება ქვეყნების სოციალურ-ეკონომიკურ განვითარებაზე. საწარმოების ინოვაციური აქტივობის ეფექტურობის შეფასების სისტემის სრულყოფა ვარაუდობს მცირე და საშუალო საწარმოების ფუნქციონირების შედეგების და პირობების კომპლექსური სისტემური ანალიზის ჩატარებას.

ამავე დროს, სახელმწიფო ინოვაციური პოლიტიკის რეალიზებული ღონისძიებები, ჩვენი აზრით, ხელს არ უწყობს ადგილობრივი პროდუქციის კონკურენტუნარიანობას მსოფლიო და ადგილობრივი ბაზრებზე, უფრო მეტი შეიძლება ითქვას სახელმწიფოს მიერ მიღებული ვალდებულებების არაეფექტურობაზე ინოვაციური საქმიანობის განვითარებაში, რაც განსაზღვრავს ინოვაციური პროექტებისა და პროგრამების მართვის შესაბამისი სისტემების ფორმირების აუცილებლობას ყოველ კონკურენტულ მცირე და საშუალო საწარმოებში.

მეოცე საუკუნის 70-იან წლებში წამყვანი მრეწველობის მქონე ქვეყნებში მიიღეს კანონები, რომლებიც სტიმულს აძლევდა როგორც სახელმწიფოს, ასევე ბიზნესმენების საქმიანობას, მიმართულს მუშახელის პროფესიული და ინტე-

ლექტუალური პოტენციალის განვითარებისკენ. ასე, მაგ., აშშ-ში გავრცელებულია გამონათქვამი – ბალანსირებული მანქანების სისტემა საშუალებას იძლევა ვიპოვოთ ფირმის განვითარების პოტენციური შესაძლებლობები და გამოვიყენოთ ინოვაციური გარღვევისათვის.

მსოფლიო შეტევითი და აქტიური ინოვაციური პოლიტიკა შეძლებს ჩვენს ქვეყანაში მნიშვნელოვან გარღვევას მეცნიერულ-ტექნიკურ განვითარებაში, მის გადაყვანას ცხოვრების სხვა დონეზე. ეს ნიშნავს, რომ ინოვაციური პოტენციალი უნდა განისაზღვროს არა მხოლოდ და არა იმდენად საწარმოს იმიტაციური შესაძლებლობით „სხვათა“ სიახლეების აღქმაში, არამედ იმითაც, რომ თვითონ „შეიქმნას მომავალი“, დამოუკიდებლად გამოიმუშაოს გამაუმჯობესებელი ცვლილებები და ახალი ფასეულობები.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, მთელ მსოფლიოში ინოვაციური საქმიანობით დაკავებული უპირატესად მცირე და საშუალო საწარმოები, რომლებიც ფლობენ მაღალ ეკონომიკურ და ტექნოლოგიურ მოქნილობებს, რაც საშუალებას იძლევა სწრაფი რეაგირება მოხდეს ბაზრის მოთხოვნებზე, თუმცა მცირე საწარმოს მაღალი ინოვაციური პოტენციალი არასაკმარისადაა ამოქმედებული.

ცნობილია, რომ ძირითადი მიდგომა მცირე და საშუალო საწარმოების ინოვაციური აქტივობის ზრდისადმი არის სისტემური, სიტუაციური, ფუნქციური, ღირებულებითი, საპროექტო და რესურსულ-პოტენციური. ამასთან, რესურსულ-პოტენციური მიდგომა უფრო საინტერესოა. იგი გამოიყენება საკმაოდ იშვიათად, თუმცა საშუალებას იძლევა შედარებით სრულად იქნეს გათვალისწინებული მცირე ბიზნესის საწარმოთა ინოვაციური განვითარების შესაძლებლობები, რესურსების კომპლექსური ანალიზის ხარჯზე. ამ შემთხვევაში მცირე ბიზნესის საწარმოების

ინოვაციური განვითარების შესაძლებლობაში უნდა გვეხმოდეს საშუალებები და პირობები, რომლებიც აუცილებელია ეფექტური ინოვაციური საქმიანობის განსახორციელებლად.

ვაკეთებთ დასკვნას, რომ ინოვაციური განვითარების პრობლემები უდიდეს სირთულეს იძენს წარმოების მცირე და საშუალო საწარმოებში.

„მცირე ეკონომიკის“ წარმომადგენლები, როგორც წესი, არ ფლობენ საკმარის რესურსებს პროგრესული მმართველი ინოვაციების გამოყენებაში ანუ საკუთარი ინოვაციური პოტენციალის სრულყოფილ გამოყენებაში. ასეთ პირობებში საკმაოდ გართულებულია მცირე და საშუალო საწარმოების ფუნქციონირება, როგორც ჩამოყალიბებული დარგობრივი სტრუქტურების განუყოფელი ელემენტისა, რომელიც ფლობს ინიციატივას, რომელიც დამახასიათებელია ბიზნესაქტიურობისა და, ამ ინიციატივის რეალიზების შესაძლებლობით, დინამიკურად განვითარებადი კონკურენტული გარემოსთვის. მცირე და საშუალო საწარმოები აწყდება კონკურენტუნარიანობის უზრუნველყოფის პრობლემას როგორც სტრატეგიულ, ისე ტაქტიკურ პერიოდში, და, ამ პრობლემის გადაჭრელობის გამო, არ შეუძლია იმ განსაკუთრებული როლის რეალიზაცია, რომელიც მინიჭებული აქვს როგორც ეკონომიკის დომინირებულ სექტორს. მრეწველობის მცირე და საშუალო საწარმოები თავისებური პოლიგონია ბიზნესინიციატივისათვის, რომლებსაც სჭირდება ადეკვატური მმართველი მხარდაჭერა განვითარების ყველა სტადიაზე, დაწყებული ინოვაციური ძიების ექსპორტის განსაზღვრიდან და დამთავრებული პროდუქციის მასშტაბური წარმოებით, რომელიც პასუხობს სამომხმარებლო მოთხოვნის ყველა მახასიათებელს.

მსოფლიო გამოცდილებამ აჩვენა, რომ მცირე და საშუალო საწარმოები განხილული უნდა

იყოს, როგორც მრეწველობაში ინოვაციური საქმიანობის ერთ-ერთი ეფექტური მიმართულება.

სამამულო ეკონომიკის სტრუქტურული ცვლილებების მიმართულება, მსოფლიო სავაჭრო ორგანიზაციის წევრობის პირობებში, რომელიც ვარაუდობს ორიენტაციას მაღალტექნოლოგიურ დარგებზე, ემთხვევა მცირე და საშუალო ბიზნესის მხარდაჭერის იდეოლოგიას, რომელიც მუშაობს საგარეო ბაზრებზე. კონცენტრირებული სახელმწიფო მხარდაჭერა სწორედ ამ მიმართულებით უნდა განხორციელდეს.

ჩვენი აზრით, ამ სფეროში ძირითად არაპირდაპირ ღონისძიებებს მიეკუთვნება:

- კონსულტაციური და ინფორმაციული მხარდაჭერა;
- დახმარება საერთაშორისო გამოყენებაში მონაწილეობაზე;
- მარკეტინგული კვლევების მხარდაჭერა, რომლებიც ტარდება მცირე ბიზნესის სექტორში შემავალი ადგილობრივი კომპანიების მიერ, უფასო მარკეტინგული ინფორმაციის მიწოდება;
- ინფორმაციული ასიმეტრიის აღმოფხვრა საერთაშორისო ბაზარზე, რომლის მიზანია გაკეთდეს ინფორმაცია ადგილობრივი მცირე და საშუალო საწარმოების შესახებ და გახდეს ხელმისაწვდომი ექსპორტიორებისათვის.

მართვის სფეროში სიახლეების შესახებ ინფორმაციის არქონა და, შესაბამისად, მათი ვერ გამოყენება დიდი დატვირთვის გამო, მცირე და საშუალო საწარმოების ხელმძღვანელების აზრით არის ფაქტორი, რომელიც მნიშვნელოვნად ეწინააღმდეგება მმართველი სიახლეების დანერგვას. ვთვლით, რომ ამ ფაქტორების ნეგატიური გავლენის შემცირება მენეჯმენტის სფეროში ხელმისაწვდომი ინფორმაციული ბანკის შექმნის ხარჯზეა შესაძლებელი.

სამუშაოები ამ ბანკის შექმნისა და წარმოებისათვის შეიძლება განხორციელდეს მცირე

ბიზნესის სტრუქტურების, მცირე და საშუალო ბიზნესის მხარდამჭერი სააგენტოს, მცირე ბიზნესის მხარდამჭერი ფონდების მიერ. იმის გამო, რომ მცირე და საშუალო საწარმოები არ ფლობს ინფორმაციას, საკმარისს საერთაშორისო გარემოს სტრატეგიული დაგეგმარებისა და ანალიზის ახალი მეთოდების რეალიზაციისათვის, ასეთი ინფორმაციული მხარდაჭერა შეუძლია მიიღოს საქალაქო ადმინისტრაციისა და ქვეგანყოფილებებისგან, რომლებიც პასუხისმგებელი არიან ბიზნესის მხარდაჭერაზე და კავშირი აქვთ სახელმწიფო სტატისტიკის ორგანოებთან.

კვალიფიციური დახმარებისა და კონსულტაციის მიღების ასამაღლებლად, რომელთა არქონა განიხილება მცირე საწარმოების ხელმძღვანელების მიერ როგორც ფაქტორის, რომელიც მნიშვნელოვნად აფერხებს ინოვაციურ საქმიანობას, საჭიროა კონსალტინგური მომსახურების განვითარების მხარდაჭერა მენეჯმენტის სფეროში. ეს შეუძლია, პირველ რიგში, ბიზნესის მხარდამჭერ რეგიონალურ ფონდებს, სასწავლო-საქმიან ცენტრებს, მცირე და საშუალო ბიზნესის მხარდამჭერ სააგენტოებს.

აუცილებელია სპეციალიზებული სამეცნიერო, სამეცნიერო-პოპულარული გამომცემლობებისა და მასობრივი ინფორმაციის საშუალებათა შესაძლებლობების გამოყენება ფართო ინფორმირებისათვის – ინოვაციურ პრობლემებზე სხვადასხვა კვლევის შედეგების შესახებ, მაგრამ ფასეული ორიენტირების მიზანმიმართული ცვლილებისათვის.

თანამედროვე პირობებში ინოვაციური საქმიანობა მნიშვნელოვნადაა დაკავშირებული რისკთან, ვინაიდან მისი წარმატების სრული გარანტია ნებისმიერ პირობებში პრაქტიკულად შეუძლებელია. ეს, ჩვენი აზრით, განპირობებულია ადამიანური ფაქტორის როლით ზემოქმედების პროცესში, ასევე მართვის ობიექტის დინამიკით

და მისი გარემოთი. ეკონომიკური კონიუნქტურის არასტაბილურ პირობებში დანაკარგების წარმოქმნის რისკის პრობლემა ფირმის მიერ საშუალებების ჩადებისას ინოვაციაში განსაკუთრებით აქტუალური ხდება.

ინოვაციური ინფრასტრუქტურის შექმნა შეუძლებელი უნდა იყოს არა მარტო ინსტიტუციური საქმიანობის ერთეულებთან, ნორმატიულ-საკანონმდებლო ბაზასთან, მიკრო- და მაკროდონეების ურთიერთქმედების მექანიზმთან, არამედ ინოვაციური პროექტების ეფექტურობის კომპლექსური შეფასების პროცესებთან.

დასკვნა

სიტუაცია მრეწველობის მცირე და საშუალო საწარმოების ინოვაციური აქტიურობის გაზრდის სფეროში შეიძლება პრინციპულად შეცვლილიყო თუ შესაძლებლობა ექნებოდა კონტაქტი დაემყარებინა სამეცნიერო ინსტიტუტებთან ინოვაციური ფორმით და მიეღო მისგან შეღწევა კონკურენტუნარიან დამუშავებაში, რომლის მეშვეობით შეიძლება მაქსიმალურად შემცირდეს იმპორტული კომპონენტების წილი დანადგარებში. საჭირო ინვესტიციების საერთო ღირებულება პროექტში შეიძლება შემცირდეს იმდენად, რომ წლიური მოგება კაპიტალდაბანდებაზე გახდეს 25%. ამით გაფართოვდება პოტენციური ინვესტორების წრე იმ ეკონომიკური სუბიექტების ხარჯზე, რომლებიც სტაბილურ და საიმედო სფეროებს ეძებენ კაპიტალის დასაბანდებლად, მოგების მიღების პერსპექტივით.

კვლევითი სექტორის ინოვაციური პოტენციალის ეფექტური მართვისათვის აუცილებელია საწარმოებში მართვის კომპლექსური სისტემის, მენეჯმენტის ფორმირება, რომელიც საშუალებას მოგვცემს გეგმაზომიერად და მიზანმიმართულად განვაითაროთ და მაქსიმალურად გამოვიყენოთ მრეწველობის მცირე და საშუალო

საწარმოების ინოვაციური პოტენციალი. ინოვაციური მენეჯმენტის განვითარება პრიორიტეტული მიმართულებაა, ინოვაციური მენეჯმენტი კი მცირე და საშუალო საწარმოების საქმიანობის სხვადასხვა მხარის მუდმივი განახლების პროცესი. ინოვაციური მენეჯმენტი სხვა არა-

ფერია, თუ არა ცვლილებების მართვა, რომელსაც მიყვარათ მცირე და საშუალო საწარმოების კონკურენტუნარიანობის ზრდისკენ, მართვის განვითარების ინოვაციის საფუძველზე. ინოვაციური მენეჯმენტი არის მმართველი ზემოქმედება მითითებული ფაქტორების ცვლილებაზე.

ლიტერატურა

1. J.A. Schumpeter. The Theory of Economic Development. Monograph. "Directmedia Publishing". 2008. Scanned pages. pp. 400.
<http://institutiones.com/download/books/1959-teoriya-ekonomicheskogo-razvitiya-shumpeter.html>
2. T. Vashakidze. "Supporting Innovative Small Enterprises in EU" Tbilisi, 2009.
<http://www.inovdev.ge/uploads/files/95282T.Vashakidze.pdf>
3. G. Shubladze. B. Mghebrishvili, P. Tsotskolauri. Management Basics.
<http://www.bpa.ge/book/book02.pdf>
4. G. Keshelashvili. Innovative Management and Its Prospects in Georgia. Economics and Business: International Refereed Scientific and Practical Journal, 2013: №3, May-June. (In Georgian).
5. A. Sisvadze. Innovation as the Foundation of Successful Business.
<http://www.nplg.gov.ge/gsd>
6. I. Masurashvili. Turning Innovation into Successful Business, Banks and Finance, 13.04.2013.
<http://old.bfm.ge/index.php?newsid=5543#.VooclLaLSM8>
7. O. Shatberashvili, G. Kochoradze, M. Tsatsanashvili. "Economic Integration" Innovation Policy in Georgia: Recommendations to the Georgian Government.
http://eapnationalplatform.ge/admin/editor/uploads/files/publications/Policy%20Paper_WG2_Inovacia.pdf

UDC 33 (076)

SCOPUS CODE 1405

INNOVATIVE MANAGEMENT AND SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES

E. Shilakadze Department of transport control and mechanical engineering, Georgian Technical University, 68^a M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: eshilakadze@gmail.com

Reviewers:

M. Janikashvili, Adviser to the Rector of GTU, Doctor of Technical Sciences
E-mail: mikheiljanikashvili@gmail.com

D. Tavkheldize, Professor, Faculty of Agricultural Sciences and Biosystems Engineering, GTU
E-mail: tavkheldize@gtu.ge

ABSTRACT. After the analysis of condition of enterprises, it is very important to discuss the issues of enhancing their effective functioning, because from the moment of transformative processes small and medium-sized business became one of the stabilizing factors for the economy. Developing in very tight conditions, small and medium industry sector supports transformation of economy and establishment of competitive environment with mature social conflicts though engaging the available and unemployed workforce.

KEY WORDS: competitive environment; innovative industry; innovative management; small and medium enterprises; state programs.

UDC 33 (076)

SCOPUS CODE 1405

ИННОВАЦИОННЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ И МАЛЫЕ И СРЕДНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ

Шилаკაძე Э.В. Департамент менеджмента транспорта и машиностроения, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^ა
E-mail: eshilakadze@gmail.com

Рецензенты:

М. Джаникашвили, доктор технических наук, советник ректора ГТУ

E-mail: mikheiljanikashvili@gmail.com

Д. Тавхелидзе, профессор факультета аграрных наук и инженерии биосистем ГТУ

E-mail: tavkheldidze@gtu.ge

АННОТАЦИЯ. После анализа состояния исследуемого предприятия необходимо рассмотреть вопросы повышения эффективности его функционирования, поскольку с момента начала трансформационных процессов малый и средний бизнес стал одним из стабилизирующих факторов экономики.

Развиваясь в стиснутых условиях, секрет малых и средних промышленных предприятий способствует назреванию социального конфликта приведением высвобожденных и безработных сотрудников к трансформированию экономики, осуществлению формирования конкурентной среды.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: государственные программы; инновационное предпринимательство; информационный менеджмент; конкурентная среда; малые и средние предприятия.

UDC 669.168:553.3

SCOPUS CODE 1508

სილიკომანგანუმის ოპტიმალური შედგენილობის შერჩევა, რომელიც უზრუნველყოფს მანგანუმის სასარგებლო გამოყენების გაზრდას

- ზ. სიმონგულაშვილი** მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: Z.Simongulashvili@yahoo.com
- გ. ქურდაძე** მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: g.kurdadze@galloys.com
- რ. აბესაძე** მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: raminiabesadze123@mail.ru
- ბ. მაისურაძე** მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: b.maisuradze@yahoo.com

რეცენზენტები:

ბ. გოგინაშვილი, სტუ-ის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტის პროფესორი

E-mail: 1955boris@rambler.ru

თ. ბუჩუკური, სტუ-ის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტის პროფესორი

E-mail: t.buchukuri@gtu.ge

ანოტაცია: ნაშრომში მოცემულია სილიკომანგანუმის მიღების ტექნოლოგიის ანალიზი და განხილულია, რა გავლენას ახდენს მიღებული ლითონის შედგენილობა მანგანუმის სასარგებლო გამოყენებაზე. ექსპერიმენტული, სამრეწველო დონის შედეგებზე დაყრდნობით რეკომენ-

დებულია, მანგანუმის ამოკრეფის გაზრდის მიზნით, გამოდნობილ იქნეს მანგანუმის დაბალი და სილიციუმის მაღალი შემცველობის ლითონი.

საკვანძო სიტყვები: ამოკრეფა; ლითონი; მანგანუმი; სილიკომანგანუმი; სილიციუმი; წიდა.

შესავალი

ცნობილია, რომ მანგანუმიანი ფეროშენადნობების (სილიკომანგანუმის) გამოდნობის პროცესის ტექნოლოგიის ხარისხობრივი მაჩვენებლები ძირითადად ხასიათდება წამყვანი ელემენტების შენადნობში ამოკრეფის სიდიდით და მისი ოქსიდების შემცველობით საბოლოო წიდეებში. მანგანუმიანი ფეროშენადნობები ძირითადად იწარმოება ნახშირბადთერმული უწყვეტი პროცესით, რომელიც გულისხმობს მანგანუმ-შემცველ ნედლეულში არსებული ოქსიდების აღდგენას კოქსის ნახშირბადით.

სასაქონლო სილიკომანგანუმის მიღების თანამედროვე პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ მანგანუმის დანაკარგის (18–20%) ძირითადი წყარო ე.წ. „გადასაყრელი“ (საბოლოო) წიდეებია. ბოლო წლებში ფეროშენადნობთა ქარხნების მუშაობის ანალიზმა გვიჩვენა, რომ როგორც მძლავრ, ასევე მცირე სიმძლავრის ღუმელებში სილიკომანგანუმის დნობისას მანგანუმის დანაკარგი მუდმივად იზრდება, რომლის ძირითადი მიზეზი მაღალხარისხოვანი მანგანუმის მადნების დეფიციტია (სიძვირე) და, შესაბამისად, მისი ხარისხის გაუარესება. ყოველივე ეს კი საბოლოოდ იწვევს სადნობი აგრეგატების წარმადობის შემცირებას, წიდის ჯერადობის და, შესაბამისად, მანგანუმის დანაკარგის გაზრდას [1–3]. ამიტომ, მანგანუმის დანაკარგის შემცირება ელექტრომეტალურგიული გადამუშავების პროცესში მეტად აქტუალური ამოცანაა და გადაუდებელ გადაწყვეტას მოითხოვს.

ძირითადი ნაწილი

დადგენილია, რომ მანგანუმის შემცველობა სილიკომანგანუმის საბოლოო წიდეებში განისაზღვრება ტოლობით [4-5]:

$$(MnO)^2 = \frac{[Mn]^2 \cdot (SiO_2)}{K_{Si-Mn} \cdot [Si]}$$

სადაც (MnO) , (SiO_2) , $[Si]$, $[Mn]$ არის წამყვანი კომპონენტების შემცველობა წიდასა და ლითონში, K_{Si-Mn} – სილიკომანგანუმის წარმოქმნის წონასწორობის კონსტანტა.

როგორც მოცემული გამოსახულებიდან ჩანს, საბოლოო წიდეებში მანგანუმის შემცველობა ძირითადად დამოკიდებულია ლითონში სილიციუმისა და მანგანუმის კონცენტრაციაზე, რაც დადასტურდა ჩატარებული კვლევებით.

ელექტროდნობის რეალურ პირობებში მანგანუმის ამოკრეფის სიღრმე დამოკიდებულია ღუმლის აბაზანაში წარმოქმნილ თერმოდინამიკურ პირობებზე, რომლებიც განისაზღვრება პროცესის ტემპერატურით და კაზმში აღმდგენის რაოდენობით (ჩვეულებრივად იგი გამოსახება, როგორც კოქსში არსებული მეარი ნახშირბადის ფარდობა კაზმში მანგანუმის კონცენტრაციასთან – $C_{ფ} / (Mn)$). მოცემულ ფაქტორებზე ასევე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს გამოყენებული მანგანუმ-შემცველი ნედლეულის ხარისხი, პირველ რიგში მანგანუმის შემცველობა [6-8], აგრეთვე სილიციუმის ოქსიდის და სხვა ფუძეოქსიდების თანაფარდობა, რომელთა კაზმში დამატება განპირობებულია სხვადასხვა ფლუსის წარმოქმნელი მასალების შეყვანის აუცილებლობით. განხილული ფაქტორები ახასიათებს ტექნოლოგიის ხარისხობრივ მხარეს, რომელიც საბოლოო ჯამში განსაზღვრავს მანგანუმის განაწილებას დნობის პროდუქტებს შორის [9-10].

საცდელი დნობები, რომლებიც მიზნად ისახავდა მანგანუმით და სილიციუმით სხვადასხვა შემცველობის სილიკომანგანუმის მიღებას, ჩატარებულ იქნა 5 მგა სიმძლავრის მაღანაღმდგენ ელექტროღუმელში. ღუმელი აღჭურვილია 400 მმ დიამეტრის გრაფიტირებული სამი ელექტროდით. ძაბვა ელექტროდებზე იყო 110 ვოლტი, დენის ძალა – 18–20 კილოამპერი.

საკაზმე მასალებად გამოყენებული იყო ჭიათურის მანგანუმის კონცენტრატი ($Mn-40\%$), ბოლნისის კვარციტი ($SiO_2-94\%$) ე.წ. წილის ქერქული ნარჩენები ($Mn-15-16\%$), კირქვა, კოქსი და რკინის ხენჯი ($Fe-70\%$). დნობის ყველა სერიაში წილის ფუძიანობა მუდმივი იყო ($CaO/SiO_2 = 0,5$).

გამოდნობილ იქნა სილიკომანგანუმი მანგანუმის 65–66, 68–70, 72–74% და სილიციუმის 14–15, 1–17, 19–20% შემცველობით. სილიკომანგანუმის მიღების პროცესის ძირითადი მაჩვენებლები მოყვანილია ქვემოთ და ნახაზებზე (1–4).

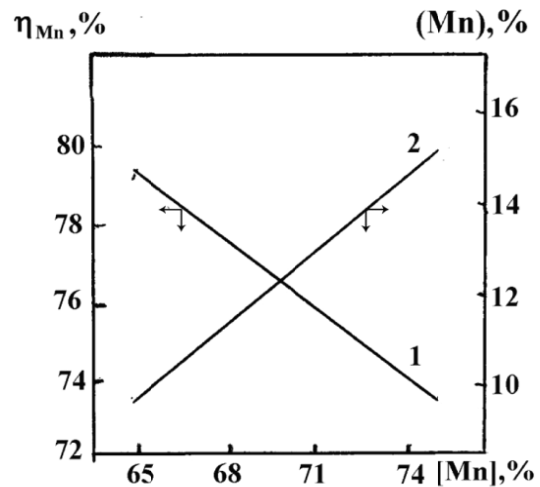
ცხრილი 1

ფეროსილიკომანგანუმი (0,3–0,5% P)

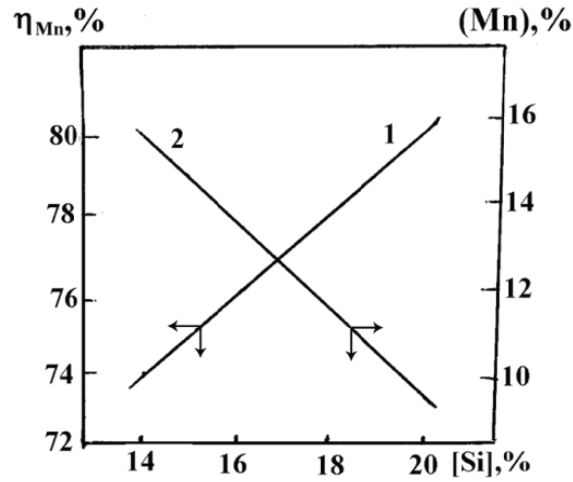
- მანგანუმის შემცველობა ლითონში
 $[Mn], \% - 65-74$
- მანგანუმის სასარგებლო გამოყენების კოეფიციენტი
 $\eta_{Mn}, \% - 72-84$
- სილიციუმის სასარგებლო გამოყენების კოეფიციენტი
 $\eta_{Si}, \% - 35-45$
- წილის ჯერადობა
 $K - 1,1 - 1,5$
- კაზმში მყარი ნახშირბადის ფარდობა მანგანუმთან
 $C_{მყ} / Mn - 0,35-0,41$

- კაზმში Mn -ის ფარდობა SiO_2
 $Mn/SiO_2 - 0,85-1,0$
- მანგანუმის მასური წილი გამოყენებულ ნედლეულში
 $<Mn>, \% - 36-42$
- მანგანუმის მასური წილი წიდაში
 $(Mn), \% - 10-15$

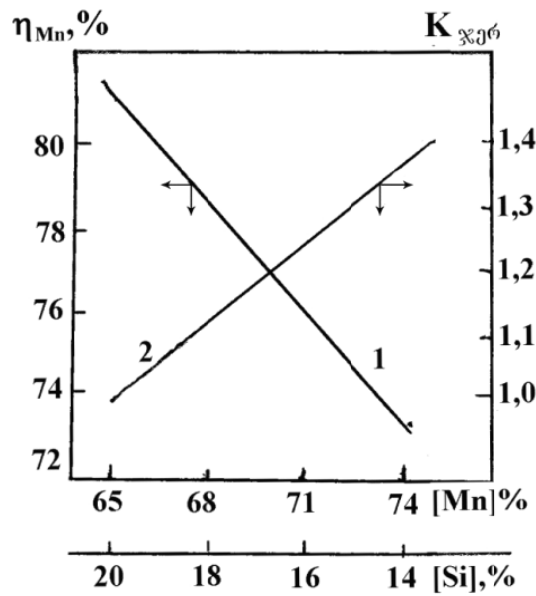
დნობათა შედეგების დამუშავებით დადგინდა დამოკიდებულება მანგანუმისა და სილიციუმის შემცველობას და მანგანუმის სასარგებლო გამოყენებას შორის. ლითონში სილიციუმის რაოდენობის გაზრდა და მანგანუმის კონცენტრაციის შემცირება იწვევს საბოლოო წილების ჯერადობის და მანგანუმის რაოდენობის შემცირებას.



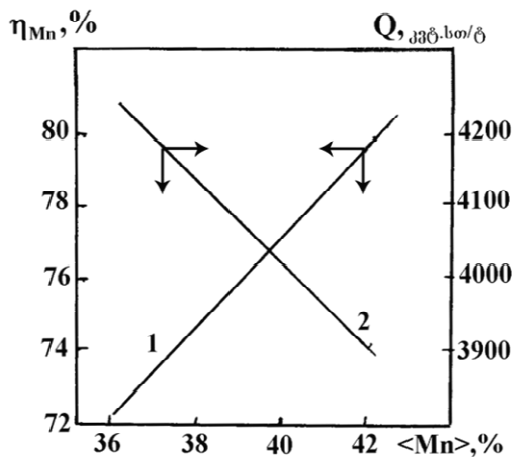
ნახ.1. მანგანუმის სასარგებლო გამოყენების (1) და წიდაში მანგანუმის შემცველობის (2) დამოკიდებულება ლითონში მანგანუმის შემცველობაზე



ნახ. 2. მანგანუმის სასარგებლო გამოყენების (η_{mn}) (1) და წიდაში მანგანუმის შემცველობის (Mn) (2) დამოკიდებულება ლითონში სილიციუმის შემცველობაზე [Si]



ნახ. 3. მანგანუმის სასარგებლო გამოყენების (η_{mn}) (1) და წიდას ჯერადობის ($K_{ჯერ}$) (2) დამოკიდებულება ლითონში მანგანუმის [Mn] და სილიციუმის [Si] შემცველობაზე



ნახ. 4. მანგანუმის სასარგებლო გამოყენების (η_{Mn}) (1) და ელექტროენერჯის ხვედრითი ხარჯის ($Q_{ხგ}$) (2) დამოკიდებულება მანგანუმის კონცენტრაციაზე გამოყენებულ ნედლეულში, $\langle Mn \rangle$

ასე, მაგალითად, 72–74% მანგანუმის და 14–15% სილიციუმის შემცველობის სილიკომან-

განუმის გამოდნობისას წილის ჯერადობა იყო 1,4, მასში მანგანუმის შემცველობა 13–14%, მანგანუმის სასარგებლო გამოყენება – 74%. ისეთი შედეგნილობის სილიკომანგანუმის გამოდნობისას, რომელშიც მანგანუმის შემცველობა იყო 65–66%, სილიციუმის 19–20%, წილის ჯერადობა იყო 1,2, მასში მანგანუმის რაოდენობამ 9–10% და მანგანუმის სასარგებლო გამოყენებამ 82%-ს მიაღწია.

დასკვნა

მანგანუმის კონცენტრატების ხარისხის გაუარესების და, შესაბამისად, მისი ღირებულების მუდმივად ზრდის ტენდენციების პირობებში მანგანუმის სასარგებლო გამოყენების გასაზრდელად, მომხმარებელთან შეთანხმებით, მიზანშეწონილია, რომ გამოდნობილ იქნეს სილიკომანგანუმი მანგანუმის 65–66% და სილიციუმის 19–20% შემცველობით, რაც საბოლოო ჯამში მანგანუმის სასარგებლო გამოყენებას 7–8% გაზრდის.

ლიტერატურა

1. M. Gasik, B. Emlin. Electrometallurgy of ferroalloys. – Kiev: Vysshaya Shkola, 1983. - 374 p. (In Russian).
2. A. Aleksandrov, N. Dekhanov, V. Murakhovski. Ways to improve the extraction of manganese in the smelting of silico-manganese. Improving the technology of production of manganese alloys. Tbilisi, 1983, 324-325 pp. (In Russian).
3. A. Koval, M. Gasik, I. Luborets, etc. Comparative evaluation of the quality of raw material for smelting manganese alloys. Steel. 1997, №1. 27-30 pp. (In Russian).
4. M. Gasik. Manganese. – M.: Metallurgy, 1992.-608 pp. (In Russian).
5. N. Tolstoguzov. The theoretical foundations of the recovery of manganese, silicon and impurities in the smelting of ferromanganese and silico-manganese: tutorial – Novokuznetsk: SibMI, 1991.-128 pp. (In Russian).
6. M. Gasik, V. Ishutin, V. Shevchenko, etc. Increasing the extraction of manganese in smelting manganese metal modified with iron. Steel. 1985, №6, 38-41pp. (In Russian).
7. M. Gasik. Electrothermy of manganese. – Kiev: Techniques, 1979.-196 p. (In Russian).
8. B. Velichko, V. Gavrillov, M. Gasik, etc. Metallurgy of manganese in Ukraine. - Kiev: Technics, 1996.-472 p. (In Russian).
9. M. Gasik, C. Khitrik, R. Gorbachev, etc. Improving the quality of manganese concentrates and ferroalloys. – Dnepropetrovsk: Promin, 1972.-109 p. (In Russian).
10. V. Kutsin, I. Kucher, V. Olshanski, etc. Assessing the efficiency of furnaces for smelting manganese ferroalloys. Steel, №6, 2006, 74-77 pp. (In Russian).

UDC 669.168:553.3

SCOPUS CODE 1508

CHOOSING OPTIMAL COMPOSITION OF SILICOMANGANESE PROVIDING INCREASING EFFECTIVE USE OF MANGANESE

- Z. Simongulashvili** Department of Metallurgy, Materials Science and Metal Processing, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: Z.Simongulashvili@yahoo.com
- G. Kurdadze** Department of Metallurgy, Materials Science and Metal Processing, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: g.kurdadze@galloys.com
- R. Abesadze** Department of Metallurgy, Materials Science and Metal Processing, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: raminiabesadze123@mail.ru
- B. Maisuradze** Department of Metallurgy, Materials Science and Metal Processing, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: b.maisuradze@yahoo.com

Reviewers:

B. Gogichashvili, Professor, Department of Metallurgy, Materials Science and Metal Processing, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, GTU
E-mail: 1955boris@rambler.ru

T. Buchukuri, Professor, Department of Metallurgy, Materials Science and Metal Processing, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, GTU
E-mail: t.buchukuri@gtu.ge

ABSTRACT. Wide analysis of technology of receiving silicomanganese is given in the work and on its background it is discussed how the composition of metal affects an effective use of manganese. Basing on the results of experimental, industrial melting it is recommended to melt the metal with low content of manganese and high content of silica in order to increase collecting of manganese.

KEY WORDS: collecting; dross; manganese; metal; silicomanganese; silica.

UDC 669.168:553.3

SCOPUS CODE 1508

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ СИЛИКОМАРГАНЦА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕГО ПОВЫШЕНИЕ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МАРГАНЦА

- Симонгулашвили З.А.** Департамент металлургии, материаловедения и обработки металлов, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 69
E-mail: Z.Simongulashvili@yahoo.com
- Курдадзе Г.У.** Департамент металлургии, материаловедения и обработки металлов, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 69
E-mail: g.kurdadze@galloys.com
- Абесадзе Р.К.** Департамент металлургии, материаловедения и обработки металлов, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 69
E-mail: raminiabesadze123@mail.ru
- Майсурадзе Б.Г.** Департамент металлургии, материаловедения и обработки металлов, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 69
E-mail: b.maisuradze@yahoo.com

Рецензенты:

- Б. Гогичашвили**, профессор Департамента металлургии, материаловедения и обработки металлов факультета химической технологии и металлургии ГТУ
E-mail: 1955boris@rambler.ru
- Т. Бучукури**, профессор Департамента металлургии, материаловедения и обработки металлов факультета химической технологии и металлургии ГТУ
E-mail: t.buchukuri@gtu.ge

АННОТАЦИЯ. Дается обширный анализ технологии получения силикомарганца и на его фоне даются результаты промышленных плавов силикомарганца с различным содержанием марганца и кремния. Установлено, что для повышения извлечения марганца в сплав целесообразно выплавить металл с высоким содержанием кремния и низким содержанием марганца.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: извлечение; кремний; марганец; металл; силикомарганец; шлак.

UDC 622.7(075.80)

SCOPUS CODE 1508

დარიშხანის და ოქროშემცველი სულფიდური ნედლეულიდან დარიშხანისა და ოქროს ამოღების შესაძლებლობის კვლევა

- ი. კახნიაშვილი** მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: i.Kakhniashvili@gtu.ge
- ლ. ჩხიკვაძე** მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: l.Chkhikvadze@gtu.ge
- ზ. ოქროსცვარიძე** მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: z.Oqroscvaridze@gtu.ge
- თ. წილოსანი** მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: t.tsilosani@gtu.ge

რეცენზენტები:

ა. გორდეზიანი, სტუ-ის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტის პროფესორი

E-mail: a.gordeziani@gtu.ge

ნ. კოიავა, თსუ-ის რ. აგლაძის არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტის უფროსი მეცნიერი თანამშრომელი

E-mail: n.koiava@gmail.com

ანოტაცია: დარიშხანისა და ოქროს ამოღების შესაძლებლობის დადგენის მიზნით ჩატარებულ იქნა არსენოპირიტის მადნისა და მისი გამოწვის ნარჩენების ნატრიუმის ჰიდროქსიდით წინასწარი გამოტუტვის პროცესების თერმოდინამიკური კვლევა დამუშავებლის დამატებისას.

ექსპერიმენტმა აჩვენა, რომ დარიშხანშემცველი ნედლეულის ნატრიუმის ჰიდროქსიდით გამოტუტ-

ვისას, წყალბადის ზეჟანგის დამატების შემთხვევაში, გამოტუტვის ხარისხი 18–20 %-ით იზრდება.

წარმოდგენილია პროცესის ტექნოლოგიური სქემა.

საკვანძო სიტყვები: ამოწვლილვა; არსენოპირიტული მადანი; გამოტუტვა; იზობარულ-იზოთერმული პოტენციალი; ნატრიუმის არსენიტი; ნატრიუმის არსენატი; ნატრიუმის ჰიდროქსიდი.

შესავალი

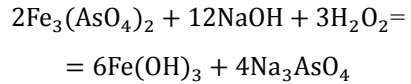
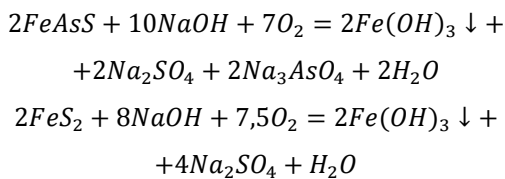
დარიშხანის არსენოპირიტული მადნები და გადამუშავების ნარჩენები ოქროს შეიცავს იმ რაოდენობით, რომელიც მნიშვნელოვანია მისი ამოღების თვალსაზრისით. ჩვენ მიერ დარიშხანისა და ოქროს კომპლექსური ამოწვლილების მიზნით დარიშხანისა და ოქროშემცველი სულფიდური ნედლეული, კერძოდ სოფ. ცანის არსენოპირიტული მადანი და მისი უანგვითი გამოწვის ნარჩენები გადამუშავებულ იქნა ჰიდრომეტალურული მეთოდით.

ძირითადი ნაწილი

შესწავლილ იქნა დარიშხანშემცველი ნედლეულის ნატრიუმის ჰიდროქსიდით გამოტუტვის პროცესი წყალბადის ზეჟანგის დამატებისას და დამატების გარეშე. კვლევის ობიექტად გამოყენებული იყო არსენოპირიტის მადანი შემდეგი ქიმიური შედგენილობით: Fe-3473%, As-44,04%; S-19,49%; Au-4-5 გ/ტ და არსენოპირიტული მადნის გამოწვის ნარჩენები: Fe-45%; As-5,32; S-3,51%; Au- 10-12 გ/ტ.

არსენოპირიტის მადნის და მისი უანგვითი გამოწვის ნარჩენების, ასევე ნატრიუმის ჰიდროქსიდით გამოტუტვის შედეგად დარჩენილი შლამის ქიმიური შედგენილობის კვლევა ჩავატარეთ რენტგენოფლუორესცენციური მეთოდით DELTA ტიპის INNOV-XSISTEMS ანალიზატორზე.

დარიშხანშემცველი ნედლეულის გამოტუტვა მიმდინარეობს შემდეგი რეაქციებით:



ჩატარდა აღნიშნული პროცესების თერმოდინამიკური კვლევა, გამოითვალა შესაბამისი რეაქციების იზობარულ-იზოთერმული პოტენციალების მნიშვნელობები და მათი მიმდინარეობის შესაძლებლობა.

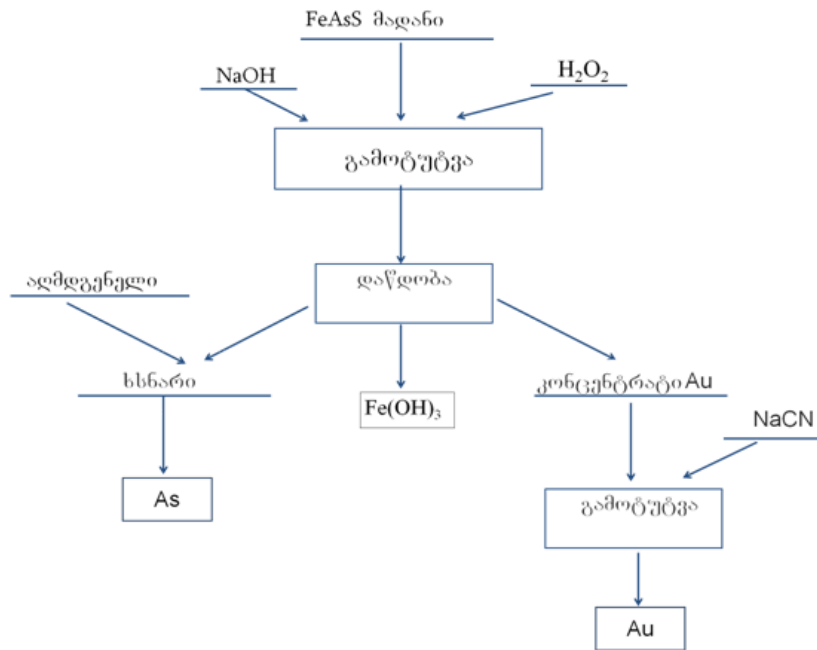
თეორიული გათვლები დადასტურდა ექსპერიმენტული კვლევის შედეგებით.

დარიშხანისა და ოქროშემცველი ნედლეულის გამოტუტვა ჩავატარეთ ნატრიუმის ჰიდროქსიდის სხვადასხვა კონცენტრაციის ხსნარებით (2M-3M) წყალბადის ზეჟანგის დამატებისას და მის გარეშე 25–100°C ტემპერატურულ ინტერვალში, 8–13 pH ფარგლებში. ექსპერიმენტმა აჩვენა, რომ დარიშხანის გამოტუტვის ხარისხი წყალბადის ზეჟანგის დამატებისას მნიშვნელოვნად იზრდება. კერძოდ, დარიშხანის ამოღების ხარისხი წყალბადის ზეჟანგის დამატების გარეშე 70%-მდეა, ხოლო დამატების შემთხვევაში 96, 58% აღწევს.

დადგენილია დარიშხანშემცველი პროდუქტის ტუტვაგადამუშავების პროცესის ოპტიმალური პირობები წყალბადის ზეჟანგის დამატებისას: $C_{NaOH} = 2,5-3,7 M$; $P_{H} > 8$; $T = 50-60^{\circ}C$. ამ დროს ოქროს შემცველობა არსენოპირიტის მადნის გამოტუტვის შედეგად დარჩენილ შლამში 20 გ/ტ, ხოლო ნარჩენების გამოტუტვის შედეგად დარჩენილ შლამში 60გ/ტ-მდეა.

გამოტუტვის შემდეგ ვახდენდით ხსნარის დაწლობას და მასში არსენატებისა და არსენიტების სახით გადასული დარიშხანის აღდგენას ელემენტური დარიშხანის გამოყოფით.

წარმოდგენილია არსენოპირიტის მადნის გადამუშავების ტექნოლოგიური სქემა.



დასკვნა

დარიშხანისა და ოქროშემცველი ნედლეულის ნატრიუმის ჰიდროქსიდით გამოტუტვა H_2O_2 თანაობისას საშუალებას იძლევა: 1. გაიზარდოს დარიშხანის გამოტუტვის ხარისხი; 2. ძნელად გადასამუშავებელ მადნებში არსებული ოქროს ზედა-

პირიდან მოშორებულ იქნეს მინერალები, რაც დარჩენილი შლამების შემდგომი ციანირებისას არა მარტო ამცირებს გამოყენებული ციანიდების ხარჯს, არამედ აჩქარებს ოქროს გამოტუტვის პროცესსაც. შემოთავაზებულია დარიშხანის მადნების გადამუშავების ტექნოლოგიური სქემა.

ლიტერატურა

1. P. Ores, J.W. Bhakta, Jr. Langhans, and K.P.V. Lei. Alkaline Oxidative Leaching of Gold-Bearing Arsenopyrite (In English).
2. R.F. Dewhirst, S.P. Moul, J.A. Coetzee. Intensive cyanidation for the recovery of coarse gold. "J.S. Afr /Inst. Mining and Met.", 1984.84, №6, pp. 159-163. (In English).

UDC 622.7(075.80)
SCOPUS CODE 1508

RESEARCHING THE POSSIBILITY OF EXTRACTING GOLD AND ARSENIUM FROM ARSENIC AND GOLD-BEARING SULFIDE RAW MATERIAL

- I. Kakhniashvili** Department of Metallurgy, Metals Science and Metal Processing, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: i.kakhniashvili@gtu.ge
- L. Chkhikvadze** Department of Metallurgy, Metals Science and Metal Processing, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: l.chkhikvadze@gtu.ge
- Z. Okrostsvardidze** Department of Metallurgy, Metals Science and Metal Processing, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: z.oqroscvaridze@gtu.ge
- T. Tsilosani** Department of Metallurgy, Metals Science and Metal Processing, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: t.tsilosani@gtu.ge

Reviewers:

A. Gordeziani, Professor, Department of Metallurgy, Metals Science and Metal Processing, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, GTU
E-mail: a.gordeziani@gtu.ge

N. Koiava, Senior Researcher, R. Agladze Institute of Inorganic Chemistry and Electrochemistry at Ivane Javakhishvili Tbilisi State University
E-mail: n.koiava@gmail.com

ABSTRACT. To determine the possibility of recovering arsenium and gold from arsenic and gold-bearing raw materials, a thermodynamic study was conducted for alkaline oxidative pretreatment leaching of arsenopyrite ore and residues while firing with addition of an oxidizing agent.

The experiment showed that when leaching arsenic-bearing raw material with sodium hydroxide with addition of hydrogen peroxide, degree of leaching increases by 18-20%. The scheme of technological processing of arsenopyrite ore is presented thereon.

KEY WORDS: Arsenopyrite ore; degree of leaching; isobaric-isothermal potential; leaching; sodium arsenate; sodium arsenite; sodium hydroxide.

UDC 622.7(075.80)
SCOPUS CODE 1508

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА И МЫШЬЯКА ИЗ ЗОЛОТО- И МЫШЬЯКСОДЕРЖАЩЕГО СУЛЬФИДНОГО СЫРЬЯ

- Кахнишвили И.Б.** Департамент металлургии, материаловедения и обработки металлов, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 69
E-mail: i. kakhniashvili@gtu.ge
- Чхиквадзе Л.А.** Департамент металлургии, материаловедения и обработки металлов, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 69
E-mail: l.chkhikvadze@gtu.ge
- Оқросцваридзе З.Ш.** Департамент металлургии, материаловедения и обработки металлов, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 69
E-mail: z. oqroscvaridze@gtu.ge
- Цилосани Т.А.** Департамент металлургии, материаловедения и обработки металлов, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 69
E-mail: t.tsilosani@gtu.ge

Рецензенты:

- Ал. Гордезиани**, профессор Департамента металлургии, материаловедения и обработки металлов факультета химической технологии и металлургии ГТУ
E-mail: a.gordeziani@gtu.ge
- Н. Коиава**, ст. научн. сотрудник Института неорганической химии и электрохимии им. Р. Агладзе Тбилисского государственного университета им. Ив. Джавахишвили
E-mail: n.koiava@gmail.com

АННОТАЦИЯ. С целью установления возможности извлечения мышьяка и золота из мышьяксодержащего сырья, проведено термодинамическое исследование процессов предварительного щелочного выщелачивания арсенопиритной руды и остатков ее обжига с добавлением окислителя. Рассчитаны значения изобарно-изотермических потенциалов соответствующих реакций и показана возможность их протекания.

Эксперименты показали, что при выщелачивании мышьяка содержащего сырья с помощью гидроксида натрия, с добавлением перекиси водорода степень выщелачивания возрастает на 18-20 %. Представлена схема технологической переработки арсенопиритной руды.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: арсенат натрия; арсенит натрия; выщелачивание арсенопирита; гидроксид натрия, изобарно-изотермический потенциал; руда; степень извлечения.

UDC 66.08

SCOPUS CODE 1601

ბუნებრივი „მშრალი“ კელიდ „ფხოველის“ მინერალოგიური შედგენილობის ფიზიკურ-ქიმიური შესწავლა

- დ. ჯინჭარაძე** ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: d.jincharadze@gtu.ge
- ლ. ებანოიძე** ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: l.ebanoidze@gtu.ge
- ნ. ბოკუჩავა** ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: nanabokuchava@gtu.ge

რეცენზენტები:

ა. სარუხანიშვილი, სტუ-ის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტის პროფესორი

E-mail: sarukhanishviliarchil@rambler.ru

ვლ. გორდელაძე, სტუ-ის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: vovagordeladze@mail.ru

ანოტაცია: განხილულია ბუნებრივი „მშრალი“ კელიდ „ფხოველის“ არაორგანული ნაწილის მინერალები. დიფრაქტოგრაფიის, თერმოგრაფიისა და პეტროქიმიური ანალიზის შედეგებზე დაყრდნობით გამოთქმულია მოსაზრება, რომ მოცემული კელიდი შედგება პირველადი (მონტმორილონიტ-ბეიდელიტის ჯგუფის მინერალი, გლაუკონიტი, კოლინიტი) და მეორეული (კვარცი, მინდვრის შპატები, კალციტი, პირიტი) მინერალებისაგან.

საკვანძო სიტყვები: გლაუკონიტი; დერივატოგრაფია; დიფრაქტოგრაფია; ვულკანური ტა-

ლახი; იწ-სპექტროსკოპია; კალციტი; კოლინიტი; კვარცი; კრისტალოოპტიკა; მინდვრის შპატები; მონტმორილონიტ-ბეიდელიტის ჯგუფის მინერალი; „მშრალი“ კელიდი; პირველადი და მეორეული მინერალები; პირიტი.

შესავალი

სამკურნალო ტალახი (კელიდი) ვულკანური წარმოშობის ტალახ „ფხოველის“ პროდუქტია, რომელიც ე.წ „ვულკანური ტალახების“ ჯგუფს მიეკუთვნება. იგი სამკურნალო თვისებებით ხასიათდება.

აღნიშნული კელიდის არაორგანული შემად-

გენლის შესახებ შესაბამის ლიტერატურაშია [1] მოცემული. მასში აღნიშნულია, რომ სამკურნალო ტალახ „ფხოველის“ არაორგანული ნაწილის ძირითადი მინერალია მონტმორილონიტი, თუმცა არ არის დეტალიზებული, რა სახითაა ეს მინერალი წარმოდგენილი და რა მინერალები თანაარსებობს მასთან.

საინფორმაციო წყაროების [1-7] ანალიზი ნათლად გვჩვენებს, რომ მონტმორილონიტის, კერძოდ ფენოვანი წყალშემცველი სილიკატების ინდივიდუალიზაცია მრავალ სირთულესთანაა დაკავშირებული. მაგალითად, თიხური მინერალების შემთხვევაში, კრისტალების შესწავლის ისეთი ეფექტური კვლევის მეთოდი, როგორცაა დიფრაქტოგრაფია, ერთნიშნა დასკვნების გამოტანის საშუალებას არ იძლევა. ეს არის როგორც ამ მინერალების უმეტესობისათვის შესაბამისი ეტალონების მოპოვების სირთულის, ისე მათი რენტგენული რეფლექსების მსგავსების შედეგი.

ამიტომაც, რომ თიხების ანალიზი მრავალსტადიურ კომპლექსურ კვლევას მოითხოვს. იგი შეიცავს დიფრაქტოგრაფიას, იწ-სპექტროსკოპიას, დერივატოგრაფიას, კრისტალოპტიკას, ქიმიური ანალიზის სხვადასხვა მეთოდს, ობიექტის შესაბამის დამუშავებას და ა.შ.

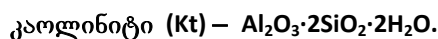
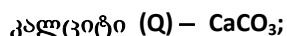
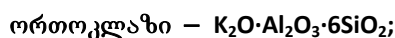
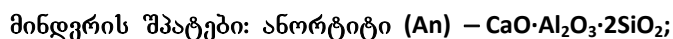
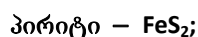
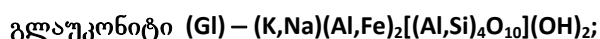
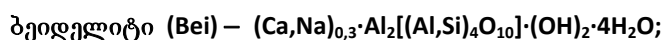
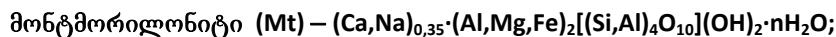
ძირითადად რეკომენდებულია კვლევის ორი სტადიის ჩატარება – პირველადი ნიმუშის კვლევა და კვლევის შედეგების მიხედვით, თიხების სხვადასხვა დამუშავებით, მიღებული პროდუქტების შესწავლა.

ძირითადი ნაწილი

ნაშრომში შემოთავაზებულია პირველადი ნიმუშების კვლევის შედეგები. კვლევის მიზანი იყო „ფხოველის“ სამკურნალო ტალახის არაორგანული შემადგენლის დადგენა. თიხაში შემავალი ორგანული და ძირითად მასასთან ნაკლებად ბმული ნაწილის – აღსორბციული წყლის მოსაცილებლად აუცილებელი გახდა ობიექტის თერმული დამუშავება. დამუშავებული თიხის შედგენილობა წარმოდგენილია ცხრილის პირველ გრაფაში.

ამ შედგენილობითა და საინფორმაციო წყაროებში არსებული მონაცემებით [1-7], თიხის სავარაუდო მინერალური შედგენილობის დასადგენად ჩატარდა პეტროქიმიური გაანგარიშება. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში.

ცხრილში მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, რომ თიხაში შემავალი ოქსიდები სრულად არის „განლაგებული“ შემდეგ მინერალებში:

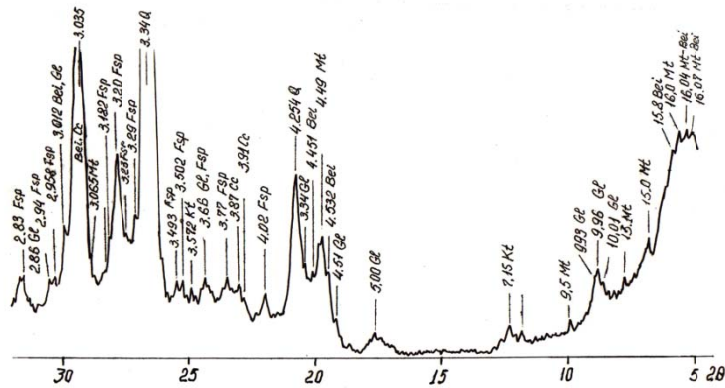


ჩამოთვლილი მინერალებიდან ორი მონტმორილონიტ-ბეიდელიტის ჯგუფიდანაა და ურთიერთშერწყმისადმია მიდრეკილი, თუმცა მათ და გლაუკონიტ-კალინიტს შორის სტრუქტურული შერწყმაცაა მოსალოდნელი. რაც შეეხება დანარჩენებს, ნიადაგების მინერალოგიის განხილვის მიხედვით, მეორეულ პროდუქტთა რიცხვს შეიძლება მიეკუთვნოს.

„ფხოველის“ თიხის არაორგანული ნაწილის მინერალური შედგენილობა კვლევის ობიექტის დიფრაქტოგრაფიით დასტურდება (ნახ.1). მასზე ნათლად გამოიკვეთა მინერალების უმეტესობისათვის [Mt-Bei, Gl, Cc, Q, Fs, P (An, Ab,Or)] დამახასიათებელი (კვლევის გრადაციით) საკმარისი რეფლექსები.

ბუნებრივი “მშრალი” პელოიდის გაანგარიშება მინერალოგიურ შედგენილობაზე

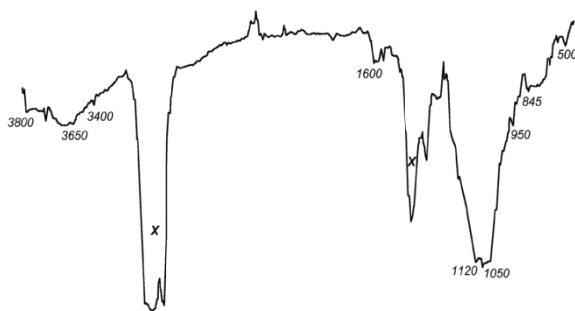
ოქსიდები	რაოდენობა		მინერალები										ნარჩენი	
	მას, %	მოლეკულის რიცხვი	პირიტი P	მონტმორილონიტი (Mt)	ბეიდელიტი (Bei)	გლაუკონიტი (Gl)	კალინიტი (Kt)	ანორტიტი (An)	ორთოკლაზი (Or)	ალბიტი (Ab)	კვარცი (Q)	კალციტი (Cc)		
TiO ₂	0,78	0,0097		0,0097										
SiO ₂	52,50	0,8654		0,1383	0,1400	0,0683	0,0006	0,0200	0,0132	0,2382	0,2468			
Al ₂ O ₃	16,2	0,1589		0,0414	0,0422	0,0231	0,0003	0,0100	0,0022	0,0397				
Fe ₂ O ₃	3,42	0,0214		0,0136	0,0078									
FeO	1,16	0,0161	0,0081			0,0080								
CaO	5,90	0,1052		0,0030	0,0029			0,0100				0,0896		
MgO	1,65	0,0409		0,0409										
Na ₂ O	4,30	0,0693		0,0125	0,0091	0,0080				0,0397				
K ₂ O	2,10	0,0222				0,0200			0,0022					
SO ₃	1,29	0,0161	0,0161											
H ₂ O ⁺	2,44	0,1358		0,0729	0,0411	0,0212	0,0003							
H ₂ O ⁻	4,24	0,2455		0,1227	0,1228									
CO ₂	4,02	0,0914					0,0012					0,0896	0,0018	
FeS ₂			0,0081											
O ₂			0,0161											
ჯამი	100,0	1,7979		0,4550	0,3659	0,1486		0,0400	0,0176	0,3176	0,2468	0,1792	0,0018	1,7979
მინერალთა შემცველობა, მას %														
ფენოვანი წყალშემცველი სილიკატები			მინდვრის შპატები				კვარცი (Q)			კალციტი (Cc)			პირიტი P	
50,47			39,68				14,83			8,98			0,87	



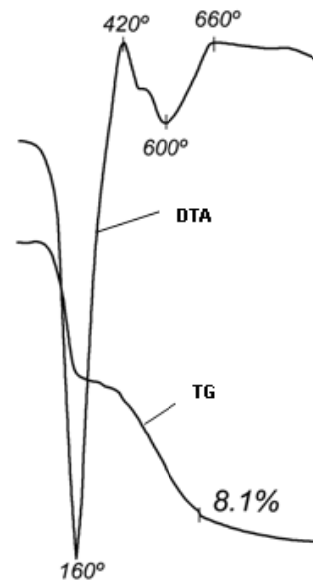
ნახ. 1. დიფრაქტოგრამის ფრაგმენტი

ინფრაწითელ სპექტრზე არსებული შთანთქმის ზოლებიც ნავარაუდებ მინერალების არსებობაზე მიუთითებს (ნახ.2). მოკლელტალღიან უბანში ზოლების სამი ჯგუფია გამოკვეთილი: 3800–3400 სმ⁻¹ დიაპაზონში არსებული ზოლები განპირობებულია ოქტაედრულ ფენაში – სტრუქტურული ჰიდროქსიდები, 3625–3650 სმ⁻¹ ინტერვალში - Al-OH ბმის, ხოლო 3400–3410 სმ⁻¹ მონაკვეთში – აღსორბირებული ჰიდროქსიდების რხევებით, რაც 1600 სმ⁻¹-თან დეფორმირებული რხევის ზოლსაც იძლევა.

სპექტრის გრძელტალღიან 1000–1100 სმ⁻¹ უბანში არსებული ზოლები Si-O ბმის, 900–950 სმ⁻¹ უბანში – ტეტრაედრულ მდგომარეობაში მყოფი ალუმინის, 845 სმ⁻¹ უბანში - სამფენოვანი მინერალების, ხოლო 500–535 სმ⁻¹ უბანში – Si-O-Al (IV) ბმის რხევების ამსახველი ზოლები ფიქსირდება.



ნახ. 2. ინფრაწითელი სპექტრის ფრაგმენტი



ნახ. 3. DTA და TG თერმოგრამები

თერმოგრაფიით ერთი „მძლავრი“ (160°C) და ნაკლები სიმძლავრის (600°C) ენდოფექტებია დაფიქსირებული. Mt-Bei-ში პირველი აღსორბილი წყლის, ხოლო მეორე – სტრუქტურული წყლის მოცილებასთან არის დაკავშირებული, რასაც მოჰყვება Mt-Bei სტრუქტურის გადაწყობა. ამ მოვლენას, როგორც ჩანს, 600°C-ზე დაწყებული ეგზოთერმია ახლავს. ეგზოთერმული ეფექტი, მაქსიმუმით 420°C-თან, ჩვენი აზრით, ორგანიკის წყალთან არის დაკავშირებული. მისი სიდიდე მიგვანიშნებს, რომ ეს ორგანიკის ის

ნაწილია, რომელიც პირველადი თერმული და-
მუშავებისას ობიექტს არ მოსცილდა. TG მრუდი
სრულად შეესაბამება DTA-თი დაფიქსირებულ
მოვლენებს (ნახ.3).

დასკვნა

შეიძლება დავასკვნათ, რომ „ფხოველის“ სამ-
კურნალო ტალახის არაორგანული შედგენილობა
ძირითადად მონტმორილონიტ-ბეიდელიტის ჯგუ-
ფის ფენოვანი სილიკატი, რომელთანაც შერწყ-
მულია ქარსის და შესაძლო კალინიტის ჯგუფის
მინერალები. ამ ძირითად, უმეტესად ამორფულ
მასაში გაბნეულია კვარცი, კალციტი, მინდვრის
შპატის მინერალები, შესაძლოა პირიტიც. რო-

გორც ჩანს, ამ ადგილმდებარეობის თიხის არა-
ორგანული ნაწილი შეიძლება დაიყოს პირველად
და მეორეულ მინერალებად. პირველადს შეიძლება
მივაკუთნოთ მინერალები, რომლებიც დაბალტემ-
პერატურული პროცესის შედეგად წარმოიქმნება
ან ფორმირდება *in situ* გამოფიტვისას. მეორეული
ჯგუფის მინერალები მაღალი ტემპერატურისა და
წნევის პირობებში წარმოიქმნება და სამკურნალო
ტალახებში ნალექდაგროვების ციკლის მსვლე-
ლობისას გვხვდება.

ნაშრომში ჩვენ მიერ გამოთქმული მოსაზრე-
ბები უფრო ვარაუდია, ვიდრე მტკიცება და მო-
ითხოვს კვლევის სპეციალური ახალი ციკლის
ჩატარებას, რაც სამომავლოდ არის დაგეგმილი.

ლიტერატურა

1. N. Bokuchava. Curative Clays of Georgia, "Technical University", 2009.- 150 p. (In Russian).
2. V. Treger. Optical determination of minerals in soil, "Nedra", 1968, 98 p. (In Russian).
3. Z. Berry, B. Mason, R. Ditrkh. Mineralogy, "Mir", 1987.- 592 p. (In Russian).
4. G. Feklichev. Diagnostic specters of minerals, "Nedra", 1977.- 288 p. (In Russian).
5. K. Fray. Mineralogical Encyclopedia, "Nedra", 1985.- 512 p. (In Russian).
6. V. Fank-Kamenetski. Essence of structural admixtures in minerals, "Leningrad University", 1964.- 140 p. (In Russian).

UDC 66.08

SCOPUS CODE 1601

PHYSICAL-CHEMICAL STUDY OF MINERALOGICAL COMPOSITION OF NATURAL “DRY” PELOID “PKHOVELI”

- D. Jincharadze** Department of Chemical Technology and Biotechnology, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: d.jincharadze@gtu.ge
- L. Ebanoidze** Department of Chemical Technology and Biotechnology, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: l.ebanoidze@gtu.ge
- N. Bokuchava** Department of Chemical Technology and Biotechnology, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: nanabokuchava@gtu.ge

Reviewers:

A. Sarukhanishvili, Professor, Department of Chemical Technology and Biotechnology, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, GTU
E-mail: sarukhanishviliarchil@rambler.ru

V. Gordeladze, Associate Professor, Department of Chemical Technology and Biotechnology, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, GTU
E-mail: vovagordeladze@mail.ru

ABSTRACT. Mineralogical composition of natural peloid “Pkhoveli” is observed. Based on the data obtained using diffractometry, thermography and petrochemical analysis, this particular peloid is suggested to contain two groups of minerals: primary (monmorillonite-beidellite group mineral, glauconite, kaolinite) and secondary (quartz, feldspars, calcite, pyrite).

KEY WORDS: calcite; crystal optics analysis; derivatography; diffractometry; dry peloid; feldspars; glauconite; IR-spectroscopy; kaolinite; monmorillonite-beidellite group mineral; primary and secondary minerals; quartz; volcanic mud.

UDC 66.08

SCOPUS CODE 1601

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА НАТУРАЛЬНОГО “СУХОГО” ПЕЛОИДА “ПХОВЕЛИ”

- Джинчарадзе Д.Г.** Департамент химических и биологических технологий, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 69
E-mail: d.jincharadze@gtu.ge
- Эбаноидзе Л.О.** Департамент химических и биологических технологий, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 69
E-mail: l.ebanoidze@gtu.ge
- Бокучава Н.В.** Департамент химических и биологических технологий, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 69
E-mail: nanabokuchava@gtu.ge

Рецензенты:

- А. Саруханишвили**, профессор Департамента химических и биологических технологий факультета химической технологии и металлургии ГТУ
E-mail: sarukhanishviliarchil@rambler.ru
- Вл. Горделадзе**, ассоц. профессор Департамента химических и биологических технологий факультета химической технологии и металлургии ГТУ
E-mail: vovagordeladze@mail.ru

АННОТАЦИЯ. Рассмотрен минералогический состав лечебной грязи “Пховели”. В результате ее исследования методами петрохимического анализа, дифрактографии, термографии высказывается мнение, что данный пелоид содержит две группы минералов: в первичную входит минерал группы монтмориллонита-бейделита, глауконит, каолинит и во вторичную кварц, полевые шпаты, кальцит и пирит.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: вулканическая грязь; дериватография; дифрактография; ИК-спектроскопия; кристаллооптика; первичные (минерал группы монтмориллонита-бейделита, глауконит, каолинит) и вторичные (кварц, полевые шпаты, кальцит и пирит) минералы; “сухой” пелоид.

UDC 621.391.15

SCOPUS CODE 1710

РАЗВИТИЕ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ СРЕДЫ НА ПУТИ СОЗДАНИЯ ГЛОБАЛЬНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА

Т.О. Буркадзе Департамент телекоммуникации, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава 75
E-mail: tburka23@rambler.ru

Д.Л. Беридзе Департамент телекоммуникации, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава 75
E-mail: jberidze@rambler.ru

Рецензенты:

Т. Купатадзе, профессор, доктор технических наук Департамента телекоммуникаций факультета энергетики и телекоммуникации ГТУ

E-mail: tamazk@hotmail.com

Г. Шаманадзе, доктор инженерии по телекоммуникации, технический директор компании мобильной связи ООО «Мобител»

E-mail: gshamanadze@gmail.com

АННОТАЦИЯ. Рассматриваются проблемы построения человечеством **глобального информационного общества (ГИО)**, технической базой которого должна будет стать **глобальная информационная инфраструктура**. Принято, что главными продуктами ГИО будут информация и знания, из чего следует, что информационное общество должно быть способным производить всю необходимую для его жизнедеятельности информацию, а также обеспечивать всех граждан средствами доступа к этой информации.

Показано влияние развития **инфокоммуникационных технологий** и **услуг** на формирование **информационного общества**. Базовые инфокоммуникационные технологии сейчас успешно развиваются и совершенствуются, а на их основе строятся сенсорные сети, сети связи следующего поколения и Интернет вещей.

В течение многих лет информационные и телекоммуникационные технологии рассматривались отдель-

но. В последние десятилетия происходит непрерывная конвергенция этих технологий, превращение их в единую **инфокоммуникационную технологию**.

Единая инфокоммуникационная среда, построенная на новом качественном уровне, станет технической основой **глобального информационного общества**.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: глобальная информационная инфраструктура; глобальная инфокоммуникационная среда; глобальное информационное общество; инфокоммуникации; инфокоммуникационные услуги; конвергенция интеллектуальных абонентских устройств; современные инфокоммуникационные технологии.

ВВЕДЕНИЕ

За время своего существования человечество прошло множество фаз развития, за которые оно нау-

чилось изготавливать оружие, выращивать сельхозпродукты, строить заводы и фабрики, расщеплять атом, запускать в космос космические корабли. Сейчас настала эра создания человечеством **глобального информационного общества**, технической базой которого должна будет стать **глобальная информационная инфраструктура**. О том, что речь идёт о стремлении создания именно **глобального информационного общества**, можно судить хотя бы по таким всемирным документам, как:

✓ «Окинавская хартия глобального информационного общества», принятая главами государств и правительств "группы восьми" 22 июля 2000 г. [1];

✓ «Тунисская программа для развития информационного общества», принятая в рамках всемирной встречи на высшем уровне, прошедшей в два этапа: в Женеве в 2003 г. и в Тунисе в 2005 г. [2];

✓ принятие **Международным союзом электросвязи (МСЭ -ITU)** на полномочной конференции в Анталии (Турция) в ноябре 2006 года решения отмечать 17 мая как «Всемирный день электросвязи и информационного общества» [3].

Есть много определений понятия "информационное общество". Мы приведем одно из них. Информационное общество – новая историческая фаза развития цивилизации, в которой главные продукты производства – информация и знания. Отличительными чертами информационного общества являются: доступность к необходимой информации для всех его членов, способность общества производить всю необходимую для его жизнедеятельности информацию, а также обеспечивать всех граждан средствами доступа к этой информации [4]. Из этого определения видно, что в информационном обществе решающую роль играет **доступность** к необходимой информации для всех его членов.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Одним из наиболее важных факторов, влияющих на формирование общества двадцать первого века, являются **инфокоммуникационные технологии и услуги**. В свою очередь, уровень развития технологий и услуг зависит от уровня экономики и, в первую очередь, от платежеспособного спроса населения на те или иные инфокоммуникационные услуги. Мы можем сделать заключение, что построение **глобальной информационной инфраструктуры** и вхождение в **глобальное**

информационное общество возможны при выполнении двух обязательных условий:

✓ наличия современных инфокоммуникационных технологий;

✓ наличия финансовых средств на их приобретение.

Инфокоммуникационная инфраструктура состоит из трёх основных составляющих: информационный терминал абонента, сеть доступа и транспортная сеть связи.

Информационный терминал абонента может состоять из различного рода конкретных устройств (стационарный телефон, мобильный телефон, мобильный мультимедийный терминал и т.п.).

Сеть доступа (access network) иногда называют **местной сетью связи**. В сети доступа могут применяться кабельные линии связи (на основе металлических или оптических проводящих сред), радиолинии, оптические линии и любые другие. Пропускная способность сетей доступа определяется в основном требованиями абонента и может изменяться от десятков кбит/с до сотен Мбит/с.

Транспортная сеть связи состоит из всевозможных структур (кольцевых, радиальных и т.п.). Транспортные сети включают в себя как магистральные, так зональные (или внутризональные) линии связи, узлы автоматической связи, сетевые узлы и многие другие элементы. Технологически транспортные сети связи состоят из линий связи – кабельных (металлических или оптических), беспроводных, радиорелейных и спутниковых. Пропускная способность транспортных сетей может достигать десятков и сотен Гбит/с.

В течение многих лет информационные и телекоммуникационные технологии рассматривались отдельно. В последние десятилетия происходит непрерывная конвергенция (сращивание, сближение) этих технологий, превращение их в **единую инфокоммуникационную технологию** на основе базовых технологий (объединения математических, физических и технических методов).

Развитие базовых инфокоммуникационных технологий обеспечивает прогресс как инфокоммуникаций в целом, так и ряда внутренних инфокоммуникационных процессов, протекающих с различной скоростью. Шесть базовых процессов развития инфокоммуникаций в настоящее время можно достаточно точно обозначить:

✓ мобильная телефонизация – предоставление населению мобильной телефонной связи;

✓ компьютеризация - обеспечение населения персональными компьютерами и другими средствами вычислительной техники;

✓ телекомпьютеризация – процесс вхождения (соединения) компьютеров во Всемирную сеть связи. Одним из проявлений телекомпьютеризации является Интернет;

✓ мобильная телекомпьютеризация – вхождение мобильных компьютеров во Всемирную сеть связи;

✓ телефонизация – обеспечение населения стационарными телефонами. Этот процесс начался в конце XIX- начале XX веков и продолжается до настоящего времени, так как в большинстве развивающихся стран телефонная плотность (количество телефонов на 100 душ населения) крайне низка, что и определяет экономическую основу развития телефонизации;

✓ телевизионное и радиовещание – как и телефонизация, начали развиваться достаточно давно и продолжают непрерывно совершенствоваться (например, переход на цифровое вещание).

Безусловно, такое деление общего процесса развития довольно условно, но оно действительно характеризует направления совершенствования инфокоммуникаций. Так, на основе этих базовых технологий сейчас успешно развиваются всепроникающие сенсорные сети (Wireless Sensor Network – WSN, Ubiquitous Sensor Networks - USN), сети связи следующего поколения (Next Generation Networks, NGN) и Интернет вещей (Internet of Things, IoT).

«Сенсорная сеть» (WSN, USN) сегодня является устоявшимся термином, обозначающим распределенную, всепроникающую, самоорганизующуюся, устойчивую к отказу отдельных элементов сеть из необслуживаемых и не требующих специальной установки устройств. Каждый узел сенсорной сети может содержать различные датчики для контроля внешней среды, микрокомпьютер и радиоприемопередатчик [5]. Это позволяет устройству проводить

измерения, самостоятельно проводить начальную обработку данных и поддерживать связь с внешней информационной системой.

«Сети следующего поколения» (NGN) – мультисервисные сети связи, ядром которых являются опорные IP-сети (коцепция IMS - IP Multimedia Subsystem), поддерживающие полную или частичную интеграцию услуг передачи речи, данных и мультимедиа. Реализуют принцип конвергенции услуг электросвязи [6].

«Интернет вещей» (IoT) – концепция вычислительной сети физических объектов («вещей»), оснащенных встроенными техническими приемо-передающими средствами связи для взаимодействия друг с другом или внешней средой [7]. Популяризации Интернета вещей способствовал упор в концепции на объединение устройств и «вещей» в единую вычислительную сеть, обслуживаемую интернет-протоколами, в которой становится возможной полная автоматизация выполнения различных процессов непосредственно самими «вещами», например, бытовыми приборами.

Процессы совершенствования инфокоммуникаций постоянно конвергируют, и начало им было положено конвергенцией двух базовых технологий: связи (communication) и компьютера (computer), которые на рис.1 условно изображены цепочкой их развития [8]. Каждый последующий этап конвергенции характеризуется добавлением нового (и крайне важного) элемента. К базовому состоянию C*C (компьютер и связь) добавляется мобильность M, затем мультимедийность MM, после чего конвергенция приведёт к Глобальной системе мобильной и мультимедийной связи GMM, которая постепенно превратится в Глобальную мобильную систему персональной связи (службы) GMPCS (Global Mobile Personal Communications by Satellite [9]).

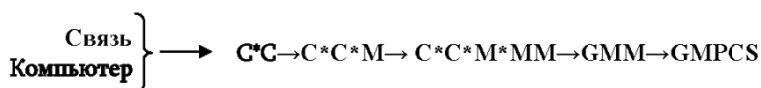


Рис. 1. Процессы совершенствования инфокоммуникаций

Помимо конвергенции инфокоммуникационных технологий в ближайшее десятилетие произойдёт и конвергенция инфокоммуникационных услуг. На рис. 2 условно показано превращение многих абонентских

устройств, включая бытовую электронику и устройства домашнего мониторинга в **единый инфокоммуникационный терминал абонента.**

Расширение информационного взаимодействия между людьми, оснащенными интеллектуальными абонентскими устройствами (компьютерами, мобильными телефонами и др.), на взаимодействие вещей и природной среды, оснащенных соответствующими аппаратно-программными средствами (IoT), создает ясную долгосрочную перспективу дальнейшего развития всех направлений **инфокоммуникационных технологий**. Развитие и внедрение конвергентных решений NGN и IoT, а также когнитивных и нанотех-

нологий в части сближения и взаимопроникновения «неорганики» и биоорганического мира живой природы (то есть соединение возможностей современных технологий с конструкциями, созданными живой природой) знаменует новый качественный этап построения **единой инфокоммуникационной среды** (InfoCommunication environment, ICE) и на ее базе **глобального информационного общества** (Information society).

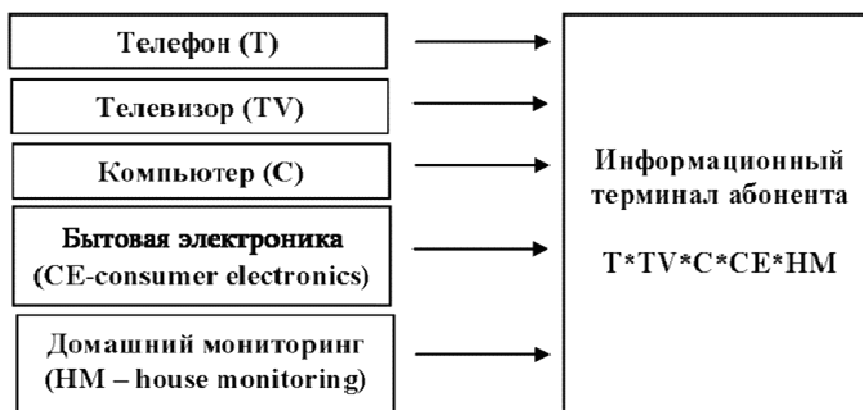


Рис. 2. Превращение абонентских устройств в единый инфокоммуникационный терминал абонента

Гигантское количественное увеличение числа взаимодействующих объектов и субъектов, имеющих доступ к **глобальной инфокоммуникационной среде**, приведет к заметной, даже возможно полной, деструктуризации существующего представления о мире и потребует разработки новых представлений о нем, что естественно скажется на контенте услуг при их формировании и предоставлении, а также на эффек-

тивности их администрирования. Системы, встроенных в окружающую среду датчиков IoT (например, мультисенсорные системы), обеспечат новые возможности и поставят новые проблемы [10].

На рис. 3 схематически показана структура формируемой единой **инфокоммуникационной среды**, а на рис. 4 – инфраструктура предоставления массовых **инфокоммуникационных услуг**.



Рис. 3. Структура формируемой единой инфокоммуникационной среды

В первую очередь, формированию **инфокоммуникационной среды** способствовало развитие массовых **инфокоммуникационных** услуг операторами мобильной связи, которые первыми в широких масш-

табах стали использовать при предоставлении абоненту одной **инфокоммуникационной** услуги сети разных операторов связи, включая и сети фиксированной связи.

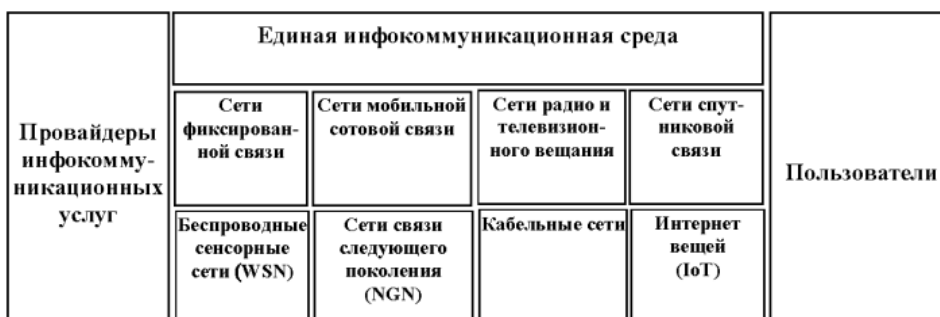


Рис. 4. Инфраструктура предоставления массовых инфокоммуникационных услуг

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создание глобальной инфраструктуры, что предусматривает как развитие и совершенствование базовых телекоммуникационных технологий, так и возникновение новых инфокоммуникационных технологий и соответствующих инфокоммуникационных сетей. К ним относятся сети NGN (основанные на концепции IMS), всепроникающие сенсорные сети (USN - Ubiquitous Sensor Networks) и Интернет вещей (IoT). Эти сети создают техническую базу для настоящих и

будущих требований инфокоммуникаций. Одновременно, на этом этапе формирования **инфокоммуникационной среды**, формируется новое представление сферы услуг. Рассмотрение основных характеристик сервиса, его функции и роль в современном обществе позволят оценивать роль каждой новой **инфокоммуникационной** услуги и значение **инфокоммуникационных технологий** для каждого члена **информационного общества**.

ЛИТЕРАТУРА

1. http://www.businesspravo.ru/Docum/DocumShow_DocumID_16975.html
2. http://www.itu.int/net/wsis/outcome/booklet/tunis-agenda_Bru.html
3. <http://womanadvice.ru/pozdravleniya/prazdniki/vsemirnyy-den-elektrosvyazi-i-informacionnogo-obshchestva-year>
4. <http://www.morepc.ru/dict>
5. P. Levis, S. Madden, J. Polastre etc. «TinyOS 2005 : An operating system for wireless sensor networks» // W. Weber, J.M. Rabaey, E. Aarts (etc.) // In Ambient Intelligence. — New York, NY: Springer-Verlag.
6. <https://ru.wikipedia.org/wiki/NGN>
7. <http://termin.bposd.ru/publ/10-1-0-32129>
8. L. Varakin. The main directions of development of info-communication in Russia on the basis of modern technologies and world tendencies. Trudi mejdunarodnoi akademii cviazi №1, 2008.
9. <http://dogend.ru/docs/index-423880.html>
10. V. Sarian. etc. Last, real and future standardization of the Internet of things. Jurnal "Trudi NIIR" №1, 2014. (In Russian).

UDC 621.391.15
SCOPUS CODE 1710

ინფოკომუნიკაციური ტექნოლოგიებისა და ინფოკომუნიკაციური გარემოს განვითარება გლობალური ინფორმაციული საზოგადოების ჩამოყალიბების ბაზაზე

- ტ. ბურკაძე** ტელეკომუნიკაციის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: tburka23@rambler.ru
- ჯ. ბერიძე** ტელეკომუნიკაციის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: jberidze@rambler.ru

რეცენზენტები:

- თ. კუპატაძე**, სტუ-ის ენერჯეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის ტელეკომუნიკაციის დეპარტამენტის პროფესორი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი
E-mail: tamazk@hotmail.com
- გ. შამანაძე**, მობილური კავშირის კომპანია შპს „მობიტელის“ ტექნიკური დირექტორი, ინჟინერიის დოქტორი ტელეკომუნიკაციის დარგში
E-mail: gshamanadze@gmail.com

ანოტაცია: განიხილება კაცობრიობის მიერ გლობალური ინფორმაციული საზოგადოების ჩამოყალიბების ფაზა, რომლის ტექნიკურ ბაზად უნდა იქცეს გლობალური საინფორმაციო ინფრასტრუქტურა. მოცემულია ინფორმაციული საზოგადოების არსის ფორმულირება, რომლისგანაც მომდინარეობს, რომ ინფორმაციულ საზოგადოებას უნდა ჰქონდეს მისი ცხოველქმედებისთვის საჭირო მთელი ინფორმაციის წარმოების უნარი, ასევე უზრუნველყოს საზოგადოების წევრები ამ ინფორმაციაზე წვდომის საშუალებებით.

ნაჩვენებია ინფოკომუნიკაციური ტექნოლოგიებისა და მომსახურების გავლენა ინფორმაციული საზოგადოების ფორმირებაზე. საბაზო ტექნოლოგიების საფუძველზე დღეს წარმატებულად ვითარდება სენსორული ქსელები, შემდგომი თაობის ტელეკომუნიკაციის ქსელები და ნივთების (საგნების) ინტერნეტი.

მრავალი წლის მანძილზე საინფორმაციო და სატელეკომუნიკაციო ტექნოლოგიები ცალ-ცალკე განიხილებოდა. ბოლო ათწლეულებში მიმდინარეობს ამ ტექნოლოგიების განუწყვეტელი კონვერგენცია, მათი გადაქცევა ერთიან ინფოკომუნიკაციურ ტექნოლოგიად.

ახალ ხარისხობრივ დონეზე აგებული ინფოკომუნიკაციური გარემო გახდება გლობალური ინფორმაციული საზოგადოების ჩამოყალიბების საფუძველი.

საკვანძო სიტყვები: გლობალური საინფორმაციო ინფრასტრუქტურა; გლობალური ინფორმაციული საზოგადოება; გლობალური ინფოკომუნიკაციური გარემო; თანამედროვე ინფოკომუნიკაციური ტექნოლოგიები; ინტელექტუალური სააბონენტო მოწყობილობების კონვერგენცია; ინფოკომუნიკაცია; ინფოკომუნიკაციური მომსახურება.

UDC 621.391.15
SCOPUS CODE 1710

DEVELOPMENT OF INFO-COMMUNICATION TECHNOLOGIES AND INFO-COMMUNICATIONS ENVIRONMENT ON THE WAY OF ESTABLISHMENT OF GLOBAL INFORMATION SOCIETY

T. Burkadze Department of Telecommunications, Georgian Technical University, 75 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: tburka23@rambler.ru

J. Beridze Department of Telecommunications, Georgian Technical University, 75 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: jberidze@rambler.ru

Reviewers:

T. Kupatadze, Professor, Doctor of Technical Sciences, Department of Telecommunications, Faculty of Power Engineering and Telecommunications, GTU
E-mail: tamazk@hotmail.com

G. Shamanadze, Technical Director at Mobitel LLC, mobile network operator; Doctor of Engineering in Telecommunications
E-mail: gshamanadze@gmail.com

ABSTRACT. This article is dedicated to the phase of development of the **global information society** by mankind, which assumes the **global information infrastructure** to become its technical foundation. Definition and essence of an **information society** is described, which implies that such society should be able to produce all the necessary information for proper existence and provide all citizens with means of access to such information.

The effect of development of **info-communication technologies** and **services** in the **information society** is shown. The sensor networks, the next generation networks and the Internet of Things are now successfully developing on the basis of core technologies.

For many years, information and telecommunication technologies were considered separately. In recent decades, there is a continuous convergence of these technologies, turning them into the united **info-communication technology**.

A new qualitative stage of developing of united **info-communications environment** will be the basis of a **global information society**.

KEY WORDS: advanced info-communication technologies; convergence of intelligent subscriber devices; global information infrastructure; global information society; global info-communication environment; info-communication; info-communication services.

UDC 669.1.017:661.774.35

SCOPUS CODE 2006

ბინიტიური ტუჰის საკონსტრუქციო სიმტკიცის ბაზრდა შენადნობის ქიმიური შედგენილობის, თერმული დამუშავებისა და ბრაფიტის სფერული ფორმის მიღების სრულყოფით

- ვ. კოპალეიშვილი** მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: v.kopaleishvili@gtu.ge
- მ. ბარათაშვილი** მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: manana_baratashvili@yahoo.com
- ი. ქაშაკაშვილი** მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: i.kashakashvili@gtu.ge
- ო. ბარბაქაძე** შპს „რუსთავის ფოლადი“, საქართველო, 3700, ქ. რუსთავი, გაგარინის 12
E-mail: salome.b@live.ru
- თ. ლოლაძე** მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: t.loladze@gtu.ge
- რ. ბაქრაძე** შპს „რუსთავის ფოლადი“, საქართველო, 3700, ქ. რუსთავი, გაგარინის 12
E-mail: r.bakradze@rustavisteel.com
- ზ. ფარჩუკაშვილი** მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: zuka.79@mail.ru

რეცენზენტები:

რ. გვეტაძე, სტუის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტის პროფესორი

E-mail: r.gvetadze@gtu.ge

ნ. ხიდაშელი, სტუის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტის პროფესორი

E-mail: khidly@gtu.ge

ანოტაცია: სფერულგრაფიტიანი ბენიტური თუჯის ფუძის საჭირო სტრუქტურა მიიღება 80–90% ბენიტით და 10–20 % ნარჩენი აუსტენიტით ან პლასტიკური თუჯის იზოთერმული წრთობით ბენიტზე, ან ბენიტური კლასის თუჯის გამოყენებით. მის სიმტკიცეს უზრუნველყოფს ბენიტი, ხოლო პლასტიკურობას – ნარჩენი აუსტენიტი სფერულ გრაფიტთან ერთად. თუმცა პრობლემაა ხანგამძლეობა, სხმული ლითონის ძნელად გამოსწორებადი სტრუქტურა და სფერული გრაფიტის მიღების პროცესის ძნელი თავსებადობა ჩამოსხმის ტექნოლოგიურ ციკლთან.

პლასტიკური თუჯის თერმული დამუშავების „ფანჯარა“ (როცა ნახშირბადით ღარიბი უბნების ბენიტური გარდაქმნა მთავრდება, ხოლო ახალი ფაზების – კარბიდებისა და მარტენსიტის კრისტალებმა ნახშირბადით მდიდარ აუსტენიტის უბნებში ვერ მოასწრეს ჩამოყალიბება) ძნელად გამოსაყენებელია. თუ ეს მომენტი გამოგვეპარა, საგრძნობლად შემცირდება ნარჩენი აუსტენიტის რაოდენობა. თუ გრაფიტის სფერული ფორმა ჩვეულებრივ პირობებში (თერმული დამუშავების გარეშე) უზრუნველყოფს თვისებათა გარკვეულ გაუმჯობესებას, პლასტიკურობის ჩათვლით, ეს არ არის საკმარისი იზოთერმული წრთობის დროს, რადგან უკონტროლოდ წარმოქმნილი ახალი ფაზები შენადნობს ამყიფებს.

საკვანძო სიტყვები: ბენიტური თუჯი; მედეგობა; საკონსტრუქციო სიმტკიცე; სფერული და კომპაქტური გრაფიტი; სხმული; ფუქე; ხანგამძლეობა.

შესავალი

ამ ახალი მიმართულების ერთ-ერთი პრობლემაა ბენიტური თუჯების საკონსტრუქციო სიმტკიცე – ხანგამძლეობა. თუ ამ მასალას ექნება

პლასტიკურობა, სიბლანტე, ბზარმედეგობა, რაც განაპირობებს მზა პროდუქციის ხანგამძლეობას, მაშინ მისი გამოყენების სფერო მნიშვნელოვნად გაფართოვდება და გახდება „XXI საუკუნის ფართოდ გამოყენებული საკონსტრუქციო მასალა“.

საჭირო ფორმა და ზომები მიიღება შედარებით ადვილად – ჩამოსხმით, მაგრამ პრაქტიკულად სხმული ლითონის სტრუქტურის გამოსწორება ძნელად განსახორციელებელია.

ბენიტური თუჯის სტრუქტურული მდგენელი – სფერული ფორმის გრაფიტი მზა პროდუქციის თვისებათა ბევრ მაჩვენებელს განაპირობებს. ამ დროს მისი მიღების პროცესი ძნელად თავსდება ჩამოსხმის ტექნოლოგიურ ციკლში.

$\gamma \rightarrow B$ გარდაქმნის ტემპერატურაზე ($t_{\gamma} \leq 450^{\circ}C$) მოთავსებულ ნიმუშში იწყება ბენიტური გარდაქმნის პროცესი. ჯერ ადგილი აქვს ნახშირბადის გადანაწილებას, წარმოიქმნება ნახშირბადით ღარიბი და მდიდარი უბნები. ღარიბ უბნებში მაშინვე სრულდება $\gamma \rightarrow \alpha$ გარდაქმნა უდიფუზიო მარტენსიტული მექანიზმით, ხოლო ნახშირბადით მდიდარ უბნებში წარმოებს კარბიდების გამოყოფა, რასაც მოჰყვება ნახშირბადის შემცირება და ბოლოს სრულდება იგივე $\gamma \rightarrow B$ გარდაქმნა. ეს პროცესი ბოლომდე არ მიდის და რჩება გარდაუქმნელი აუსტენიტი ე.წ. ნარჩენი აუსტენიტი – γ_r . ADI-ის თერმული დამუშავების ცნობილი „ფანჯარა“ (მომენტი, როცა ნახშირბადით ღარიბ უბნებში ბენიტური გარდაქმნის პროცესი $\gamma_{\text{ახალი}} \rightarrow B$ მთავრდება, ხოლო ახალი ფაზების – მარტენსიტისა და კარბიდების კრისტალებმა ჯერ ვერ მოასწრეს, მოახერხეს ჩამოყალიბება ნახშირბადით მდიდარ უბნებში) ძნელად გამოსაყენებელია. თუ ეს მომენტი გამოგვეპარა, საგრძნობლად შემცირდება γ_r უბნები, სადაც ოთახის ტემპერატურაზე მადეფორმირებული ძალის მოქმედებით ($\gamma_r + P_{\text{ახალი}} \rightarrow TRIP$ -ეფექტით განვითარებული პლასტიკურობა) განხორციელ-

დება „გპპ“ ეფექტი („გპპ“ – გარდაქმნით განპირობებული პლასტიკურობა; ПНП – Пластичность, наведенная превращением; TRIP - Transformation-Induced Plasticity). თუ გრაფიტის სფერული ფორმა ჩვეულებრივ პირობებში (თერმული დამუშავების გარეშე) უზრუნველყოფდა თვისებათა გარკვეულ გაუმჯობესებას პლასტიკურობის ჩათვლით, ეს არასაკმარისია თდ-ს დროს. უკონტროლოდ წარმოქმნილი ახალი ფაზები ამყიფებს შენადნობს. გაჭიმვის „მრუდებს“ წრფივი ხასიათი აქვს, მყიფე ნგრევით და სხვა.

მიუხედავად აღნიშნული სირთულეებისა, ბენიტური თუჯის ათვისება ძალზე პერსპექტიულია, რადგან მისგან ჩამოსხმით მზადდება მილსაგლინავი დგანები (სამართულები და სახაზავები), ათვისებული იქნება წვრილსორტული დგანის არმატურა, შემდეგ გლინები და სხვა. აღნიშნულის გამო, წარმოდგენილი თემატიკა აქტუალურია.

ძირითადი ნაწილი

ჩვენი წინადადებით შპს „რუსთავის ფოლადში“ დაიგეგმა და დაიწყო სამუშაოები ორივე მმართველობით – ADI-ის (350C1H02) და ბენიტური კლასის თუჯის მიმართულებით (350C1H02DH5MФТ). რა თქმა უნდა, ADI-ის მიმართულებას სჭირდება სამართულების ჩამოსასხმელი კოკილების (ამ მხრივ გადაიდგა პირველი ნაბიჯები ყველაზე დიდი ზომის სამართულების, D=440 მმ ჩამოსასხმელად) და აბაზანების დამზადება: გამახურებელი აბაზანა: 50%NaCl+50%KCl, $t_{დნ}=670^{\circ}C$, $t_{ფუჟა}=750-900^{\circ}C$; იზოთერმული წრთობის აბაზანა: 50%NaNO₃+50%KNO₃, $t_{დნ}=220^{\circ}C$, $t_{ფუჟა}=300-450^{\circ}C$. აღმოჩნდა, რომ ADI-ის დამზადებას სჭირდება საკმარისად დიდი დრო. ეს ვაკუუმში უნდა შეგვევსო 350C2H2DMФТ ბენიტური კლასის თუჯის მოდერნიზაციით, რომელიც ჩატარდა წარმატებუ-

ლად და ახალ თუჯს შემდეგი სახე აქვს: 350C1H02DH5MФТ. მასში ბევრი სიახლეა, მაგრამ როგორც ამბობენ, მხოლოდ კვალიფიციურად ჩატარებულ ექსპერიმენტებს შეუძლია დამაჯერებელი პასუხის გაცემა. ჩვენი აზრით, თუ ახალ თუჯს ექნება მაღალი მედეგობა ($n \geq 500-800$ მილი), მაშინ შემომგლინავი დგანების სამართულების წარმოება არ შეიცვლება, ხოლო აბაზანებს ექნება არანაკლებ მასშტაბური სამუშაოები.

ჩვენ ხელთ არსებულ მონაცემებზე დაყრდნობით მივედით იმ დასკვნამდე, რომ აღებული მილსაგლინავი აგრეგატის, მაგალითად, „400“-ის მუშაობა, დაკავშირებული ინსტრუმენტთან, პრობლემაა, თუმცა მისი მდგენელების ამოცანებიც პრობლემურია. განვიხილავთ მთლიანი სამუშაოს სქემას – გახურებული მილნამზადიდან მიღების გლინვას პირველ და მეორე გამჭოლ, ავტომატურ, შემომგლინავ დგანებზე და პროცესის დამთავრებას დამაკალიბრებელ დგანზე. სამართულების მასალად გამჭოლ დგანებზე გამოყენებულია უკვე წარმატებით აპრობირებული და რამდენჯერმე მოდერნიზებული კომპოზიცია 08XH4CDMФТ (რეკორდული მონაცემები: 1000, 1500, 1700 მილი); ავტომატურ დგანზე გამოყენებული იქნება ახალი კომპოზიცია 17X5H4CDMФТ, რომელიც მარტენსიტული და ბენიტური გარდაქმნების სინთეზია დაბალი ნახშირბადის შემთხვევაში (არასასურველი შედეგების შემთხვევაში მზად ვართ გამოვასწოროთ მიღებული სუპერსიახლით - „ფანჯრის“ უარყოფითი შედეგის გამოყენება ADI-ის ზედაპირული შრეების განსამტკიცებლად). შემომგლინავი დგანების სამართულების კომპოზიციაზე (350C1H02DH5MФТ) უკვე გვქონდა საუბარი, ველოდებით დადებით შედეგებს კომპოზიციის სტრუქტურიდან. შეიძლება საჭირო გახდეს მოდიფიცირებისწინა ინოკულაციის ჩატარება ღუმელში; ასევე მილსაგლინავი დგანების (გამჭოლი და შემომგლინავი) სახა-

ზაგების წარმოება მაღალქრომიანი კომპოზიციის (110X28ДН5ФТ) გამოყენებით, რომელსაც აქვს ჩვენ მიერ შემუშავებული „შლეიფი“. საორიენტაციო სტრუქტურა: 1) ღეგირებული ფერიტი (ძირითადი), 2) 30% აუსტენიტი, 3) კარბიდები (იმედის მომცემია). შეიძლება დაგვჭირდეს Cr-ის ნიტრიდების გამოყენება.

გამოყენებული მიდგომა მასშტაბურია და არატრადიციული. ვიხილავთ მილსაგლინავ აგრეგატ „400“-ის მუშაობის პროცესს უწყვეტად სრულად და ვგეგმავთ, რომ პირველ ეტაპზე (2 წელი) ინსტრუმენტის მინიმალური მედეგობა¹ იქნება $n_1 \geq 500$ მილზე, მეორე ეტაპზე (5 წელი) – $n_2 \geq 1000$ მილზე. მოყვანილი პრობლემიდან გამოვყავით ყველაზე სუსტი რგოლი – შემომგლინავი დგანების სამართულების ხანგამძლეობის საკითხი. სირთულეს, წინა დგანებთან შედარებით, განაპირობებს დეფორმაციისთვის არახელსაყრელი პირობები, სამართულის უძრავობა (იქმნება შთაბეჭდილება, თითქოს მთავარი მიზანი იყოს სამართულების „დამტვრევა“) და სხვა. როგორც აღვნიშნეთ, სასურველი იყო გვემუშავა ADI-ზე 350C1H02 სუპერსიახლის გამოყენებით, მაგრამ ეს საკითხი გადაიდო აბაზანებისა და კოკილების დამზადებამდე (2 წლით). მიღებული შედეგების ანალიზისას ყოველთვის გვაკლდა სხმულის (ნაკეთობის) მექანიკური თვისებების მახასიათებლები.² გვქონდა მცდელობა, ყველა ნაღობზე ჩამოგვესხა სპეციალური სხმული, რომლისაგან დამზადდებოდა გამოსაცდელი ნიმუშები. აღნიშნულს ვერ ვახერხებდით ან შედეგი ძალიან იგვიანებდა. დამზად-

და ტაივანის მანქანაზე გამოსაცდელი ნიმუშების ჩამოსასხმელი კოკილების პირველი პარტია. ჩვენი მოთხოვნით სამსხმელო საამქროში ჩატარებულმა ყველა ნაღობმა უნდა გაიაროს კვალიფიცირებული შემოწმება:

1. შენაღობის ქიმიური შედგენილობა;
2. გამოღობის პასპორტი, რომელშიც მოცემული იქნება ყველა საჭირო (შესრულებული) მოქმედება (მოზადდება ინსტრუქცია, იქნება ფორმა, რომელსაც ოსტატი ადვილად შეავსებს);

2.1. ციციხეში გაიზომება ტემპერატურა და 500°C გახურებულ კოკილში ჩამოსხმება სინჯი თხელდენადობის დასადგენად (ე.წ. ნეხენდ-სამარინის U-მაგვარი სინჯი);

2.2. გაჭიმვაზე გამოსაცდელი ნიმუშების ჩამოსხმა: 1) გაშვების დამთავრებისა და ტემპერატურის გაზომვის შემდეგ (თხელდენადობასთან ერთად) და 2) ჩამოსხმის დაწყების წინ (ბენიტური თუჯის შემთხვევაში: ა. გაშვების დამთავრების შემდეგ, ბ. 1450–1280°C დაყოვნების შემდეგ, გ. ჩამოსხმის დაწყებისას, დ. ჩამოსხმის დამთავრებისას). გამონაკლისის გარდა, საჭიროა გვექონდეს მონაცემები თდ-ს შემდეგ, რაც გასათვალისწინებელია ჩამოსხმის დროს.

სამუშაოს ერთ-ერთი ძირითადი მიზანი იყო ჩაგვეტარებინა არსებული მონაცემების სრული ანალიზი ბენიტურ თუჯებზე. რა თქმა უნდა, მეცნიერულ ჰიპოთეზაზე დაყრდნობით („სილიციუმის ზღურბლი რკინაში და ბენიტური კლასის Fe-C შენაღობებში“, მისი მნიშვნელობა ტექნიკური ამოცანების გადაწყვეტისას) აღმოჩნ-

¹ შემოგვაქვს ახალი ცნება, ყველა ფაქტორის გათვალისწინებით, რომელია „ვიწრო ადგილი“ და სხვასთან შედარებით რით არის განპირობებული ასეთი შედეგები. რა თქმა უნდა, ამ მოქმედებას წინ უნდა უსწრებდეს ნაღობების სრული ანალიზი.

² ჩვენი გამოცდილებით ეს პრობლემური საკითხია და მის გარეშე ანალიზი არასრულყოფილია. სექტორის, შემდეგ „მთლ“-ის, ახლა „მთსსც“-ის მუშაობა სრულდებოდა ერთკვირიანი რეჟიმით. თუ მოიხსნება ბ-ნ ფარუკის „ტაბუ“, ჩვენ („მთსსც“-ს და „ფოლადსაღობ და სორტსაგლინავ“ მოდულს სცდლ-თან ერთად) შეგვიძლია „ჩქარა“ შევასრულოთ „B500W“-ს წარმოება შპს „რუსთავის ფოლადის“ პირობებში; უნდა შემოწმდეს ყველა პროფილი №№ 32, 28, 25; 22, 20, 18; 16; 14, 12 მმ ხანგამძლეობაზე: S_K ; σ_B ; σ_d ; $\delta(\delta_1+\delta_2)$; $\Psi(\Psi_1+\Psi_2)$; $a_{0.25}(a_{\beta}+a_{\gamma})$; T_{50} ; J_{ic} ; E_{ϵ} ; α^{T_0} ; σ_{-1} და სხვა.

და, რომ ორივე მიმართულებას სჭირდება ძირეული ცვლილებები, კერძოდ აღებული მასალა გამოიყენება, თუ ექნება საკონსტრუქციო მასალისათვის საჭირო მონაცემები. შემომგლინავი დგანების სამართულების მედეგობა გაიზრდება, თუ მასალას ექნება პლასტიკურობის საკმარისი მარაგი. დადგენილია, რომ დეფორმაციის პირობებით საჭიროა რუხი თუჯის გამოყენება, რომლის მედეგობა 30–40 მილს არ აღემატება. რუხი თუჯის შეცვლამ სვერული ფორმის გრაფიტით (უფრო ზუსტად, გრაფიტის კომპაქტური ფორმით) გაზარდა მედეგობა 70–80 მილის ფარგლებში. პლასტიკურობისა და სიბლანტის კუთხით გაცილებით უკეთესი მედეგობა აქვს ფოლად 20X-დან დამზადებულ სამართულებს. ამ დროს, არცთუ იშვიათად, მილის შიგა ზედაპირზე წარმოიქმნება დეფექტები, რომელსაც მზა პროდუქცია გადაჰყავს II ხარისხში. ბოლო პერიოდში მივედით იმ დასკვნამდე, რომ გამოყენებულ თუჯს საჭიროა ჰქონდეს $\delta=10-15\%$. ეს კი ასაბუთებს, რომ საჭიროა ბენიტურ თუჯში განხორციელდეს ძირეული ცვლილებები ორივე მიმართულებით. ამოცანები ადვილად ამოიხსნებოდა, თუ ღრმად შევისწავლიდით ფუძეს (350C2, 350C3 და 350C1H01, 350C1H02), მაგრამ აბაზანების არარსებობამ ამ ამოცანების ამოხსნის საკითხი რამდენიმე წლით გადასწია. აუცილებელი გახდა გრაფიტიზატორების მნიშვნელოვანი კორექციის ჩატარება. უფრო ეფექტური იქნებოდა თუჯის ფუძის ქიმიური შედგენილობის მიახლოება ბენიტური კლასის საშუალონახშირბადიან ფოლადებთან. თუ ეს ადვილად მოხერხდებოდა, მაშინ არსებულ მასალებზე დაყრდნობით ბევრი ამოუხსნელი ამოცანა ამოიხსნებოდა. დასახული მიზნებიდან გამომდინარე, თუჯში სილიციუმი შემცირებულ იქნა 1,0%-მდე, სანაცვლოდ შემოიტანეს ახალი გრაფიტიზატორები: $Al=1,5-2,0\%$ და $Ca=0,05-0,10\%$. აღნიშნული მოქმედებით რკი-

ნის დარტყმითი სიბლანტე გაიზარდა $KCU = 100 - 150$ ჯ/სმ²-ით, ე.ი. ახალმა გრაფიტიზატორებმა საგრძნობლად გააუმჯობესა რკინის ატომების ერთმანეთთან მიახლოება, გრაფიტიზაციის პროცესი ($\Delta_2^{Al} = -0,38\text{\AA}$, $\Delta_3^{Ca} = -1,47\text{\AA}$, 3-ჯერ მეტად) და იმავდროულად ფუძის პლასტიკურობა და სიბლანტე. მეცნიერულად დასაბუთებული ჩვენი მსჯელობა უფრო ახლოს იქნებოდა რეალურობასთან ADI-ის (350C1H02) შემთხვევაში, ვიდრე 350C1H02ДН5МФТ ტიპის ბენიტური კლასის თუჯის გამოყენების დროს. უფრო სწორია დაველოდოთ კვალიფიციურად ჩატარებული ექსპერიმენტების შედეგებს. ერთი რამ უდავოა: ახალი გრაფიტიზატორები $Al+Ca$ ნამდვილად გააძლიერებს ლითონური ბმის ძალებს და შეასუსტებს კოვალენტურს. ცნობილია, რომ მოდიფიცირების წინ და შემდეგ ტრადიციულად რკინას სჭირდება პასიურ მდგომარეობაში გადაყვანა – ინოკულაცია I და II. 50% ალუმინის მიწოდება ღუმელში ლოგიკური იყო, მაგრამ „შევეჯახეთ“ იმ წინააღმდეგობას, რომელსაც ტრადიციულად ვერ ღაზავენ მეტალურგები. შემუშავებული გვაქვს ალუმინის მიწოდების ხერხი ციციხვიდან, რომელიც უპრობლემოა. თუ ჩვენმა არჩეულმა გზამ არ გაამართლა, მაშინ საჭირო იქნება ცალკე გავადნოთ ალუმინი და მივაწოდოთ თხევადი აბაზანის სიდრემში, რასაც დასჭირდება კარგი გააზრება და სპეციალური სამარჯვის დამზადება. როგორც აღვნიშნეთ, ბენიტური თუჯის ორივე მიმართულება საჭიროებს პლასტიკურობის გაზრდას, $\delta=10-15\%$. ეს პრობლემა მოვაგვარეთ ADI-ის შემთხვევაში თდ-ის სრულყოფით. სამუშაო პირობებიდან გამომდინარე, იზოთერმული წრთობის ტემპერატურა $t_{iso}=400-450^{\circ}\text{C}$, ე.ი. მუშაობა ზედა ბენიტზე, რაც საშუალებას იძლევა ვარეგულიროთ ნარჩენი აუსტენიტის რაოდენობა სასურველ დიაპაზონში. კომპოზიციის სტრუქტურული მდგენელების შედარებით უცვ-

ლედი შენარჩუნებისათვის მიზანშეწონილია ვი-მუშაოთ A_3 -თან ახლოს, ამით არ გამოირიცხება A_1-A_3 ტემპერატურულ შუალედში მუშაობა, სადაც $350C1H02$ -ის შემთხვევაში გვექნება ორი ფაზა – γ +ფერიტი, მაგალითად, $80\% \gamma + 20\% \alpha$. ბენიტური კლასის ჩვენ მიერ შემუშავებული ფოლადებიდან აღებული ეს ხერხი წარმატებით გამოდგება ADI-ის დროსაც. სხვანაირად, რეგულირდება (იმართება) სასურველი (საჭირო) დონის ფერიტული მდგენლის არსებობა ბენიტზე ნაწოთობ სტრუქტურაში. მეცნიერულ დონეზე ზუსტად შესრულებული ყველა ეტაპი (დნობა ელექტრორკალურ ღუმელში, გაშვება, თხევადი ლითონის დამუშავება ციცხვში, ჩამოსხმა კოკილებში, გაწმენდა, თერმული დამუშავება და ა.შ.) საშუალებას მოგვცემს საჭირო მახასიათებლები გვექნოდეს სამუშაო პირობებიდან გამომდინარე. ეს კი პრეციზიული, ზუსტი მეტალურგიაა. აღნიშნულიდან გამომდინარე, სანამ მოგვარდება ADI-სთვის საჭირო ტექნიკური საშუალებები (კოკილები, აბაზანები და სხვა), ძირითადი ყურადღება უნდა გამახვილდეს ბენიტური კლასის $350C1H02DH5M\Phi T$ მოდერნიზებულ თუჯზე. წარმოდგენილი კომპოზიციის მდგენლებიდან ღუმელში შეგვაქვს: ნიკელი (5%), სპილენძი (1%), მოლიბდენი (0,3-0,5%); დანარჩენები (Al, Ca, V, Ti) – ციცხვის ქვედზე. თუ აღნიშნული მიდგომით მივიღეთ კომპაქტური და ვერმიკულარული გრაფიტის ერთობლიობა, რაც ჩვენი მონაცემებით მოგვცემს $\delta=5-10\%$, რომელიც „ახალ ფენომენტთან“ ერთად განაპირობებს $n \geq 500$ მილზე. თერმოციკლური დატვირთვების დროს აღვილი აქვს ფუძის განმტკიცებას არსებული პლასტიკურობის შენარჩუნებით. შესაძლებელია შემდეგი შედეგებიც – გრაფიტის სფერული ფორმა კომპაქტურთან ერთად. ეს იქნება მსოფლიო დონის წარმატება (თუ თუჯში $S \leq 0,01\%$, $P \leq 0,01\%$ და $Al=2,0\%+Ca=0,10\%$ და სხვა), ხანგრძლივი

დაყოვნების ($1500^{\circ}C$ -დან- $1280^{\circ}C$ -მდე) შემდეგ შენარჩუნდება (თითქმის) მოდიფიცირებული გრაფიტის ფორმა, რომელიც მაღეგირებულ ელემენტებთან ერთად (ყოველგვარი კოკილებისა და აბაზანების გარეშე) განაპირობებს $n \geq 1000$ მილზე; ეს ნიშნავს, რომ შპს „რუსთავის ფოლადი“ გახდება ბენიტური თუჯისგან დამზადებული ნაკეთობების ექსპორტიორი.

სამუშაოში დამაჯერებლადაა მოცემული, რომ არსებული მილსაგლინავი აგრეგატის მუშაობა (ჩვენს შემთხვევაში „400“-ის) უნდა განიხილებოდეს, როგორც უწყვეტი პროცესი და შემოტანილ იქნეს ცნება „ვიწრო ადგილის“ მიხედვით „ინსტრუმენტის (სამართული, სახაზავი) მინიმალური მედეგობის შესახებ“. იქვეა ოპტიმიზმის მატარებელი ნიშანი, რომ 2 წლის შემდეგ ეს მაჩვენებელი იქნება $n_1 \geq 500$ მილზე. ხოლო 5 წლის შემდეგ – $n_2 \geq 1000$ მილზე. აღნიშნული დასაბუთებულია მეცნიერულად. ავტორებს მიაჩნიათ, რომ პირველ პერიოდში მოგვარდება ტექნოლოგიური საკითხების გადასაწყვეტად მიმართული ყველა ორგანიზაციული საკითხი (სისტემატურ კონტროლზე იქნება საყალიბო მასალები, სხმული ლითონის დეფექტოსკოპური ანალიზი, შენადნობების თხელდენადობისა და გაჭიმვაზე გამოცდების შედეგები, ყოველ ნაღობზე შესრულებული მეტალოგრაფიული და დიურომეტრული ანალიზების შედეგები, ნაკეთობების საწარმოო გამოცდების შედეგები, ჯამური დასკვნები თითოეულ ნაღობზე და სხვა). ყველაფერი ეს მიგვიყვანს იმ დონეზე, რომ შედეგები იქნება სტაბილური, აგრეგატი იმუშავებს $n_2 \geq 1000$ მილზე რეჟიმით. როცა დადგინდა ახალი მასალის $-350C1H02DH5M\Phi T$ სრული მახასიათებლები, მოიძებნება მისი გამოყენების სხვა სფეროებიც.

მილსაგლინავ საამქროში 1 ტონა $350C2H2DM$ ტიპის ბენიტური თუჯის ღირებულება 2159 ლარს შეადგენს; ჩვენ მიერ შემოთავაზებული

350C1H02DH5MΦT ტიპის კომპოზიციის ღირებულება კი 2288 ლარია ანუ 129 ლარით ძვირი. შემომგლინავი დგანის სამართულების მედეგობის გაორმაგებისას მათი წლიური საჭიროება 60 ტონის ნაცვლად იქნება 30 ტონა (1 ტონის თვითღირებულებაა 5500 ლარი). თუჯის ახალი, 350C1H02DH5MΦT ტიპის კომპოზიციაზე გადასვლით წლიური გაძვირება იქნება $129 \times 30 = 3870$ ლარი. ეკონომიკური ეფექტი $(5500 \times 30) - 3870 = 161130$ ლარი (ანგარიში შესრულებულია 2013 წელს). რაც შეეხება დღევანდელ კომპოზიციას, 350C1H02DH5MΦT პირველ ეტაპზე ველოდებით $n_1 \geq 500$ მილზე, ე. ი. 5-ჯერ გაზრდას.

დღეის მონაცემებით, 1 ტონა ლითონი ღირს: Al – 1450 USD; Cu – 4669 USD; Ni – 8955 USD; FeV – 15483 USD; FeMo – 15327 USD; ($V_{100\%} = 34$ USD 1 კგ; $Ti_{100\%} = 8$ USD 1 კგ). ზემომოყვანილი გათვლების სქემა ეკონომიკური ეფექტის ერთი სექტორია, რომელიც ძლიერდება ინსტრუმენტის ხანგამძლეობის გაზრდით. გარდა აღნიშნულისა, ჩვენს შეუფერხებელ მუშაობაში ვხედავთ ენერგომატარებლების დაზოგვას, რაც საგრძნობლად შეცვლის ეკონომიკურ სურათს. ასევე წინ გადადგმული ნაბიჯი იქნება დედამიწის ქერქში არსებული არადეფიციტური ელემენტების გამოყენებით (Si – 29,5%; Al – 8,8%; Fe – 4,65%; Ca – 2,60%; Mg – 2,40%; Ti – 0,45%...) სასურველი მიზნის მიღწევა, მაგალითად, ADI – 350C1H02 შემთხვევაში (C=3,5%; Si=1,0%; Al=2,0%; Ca=0,10%; Mg=0,10%; Ti=0,05%; V=0,20%; დანარჩენი Fe%) გვექნება იაფფასიანი, მაღალი საკონსტრუქციო მედეგობის, ფართო დიაპაზონში გამოსაყენებელი მასალა. არც ისე იშვიათად გვაძლევენ შენიშვნებს, რომ ვიყენებთ ძვირად ღირებულ Ni, Mo, Cu, (V) ელემენტებს. გამოდნობისას (ასევე გადადნობისას), განსაკუთრებით, პირველი სამი უმნიშვნელოდ იცვლება (თუ გავაკონტროლებთ დანომრილ სამართულებს, მაშინ ხარჯი შედ-

გენილობის კორექციაზე გვექნება უმნიშვნელო, სხვანაირად დეტალურად გვაქვს გათვალისწინებული ეკონომიკური ფაქტორი). როცა გვექნება აბაზანები და კოკილები, გამოვიყენებთ ADI-ის 350C1H02-ს (გარკვეული მოსაზრებით არ მოგვეყავს „ნოუ-ჰაუს“ მატარებელი ნიშნები) შემომგლინავი და ავტომატური დგანების სამართულების დასამზადებლად. მისგან მზადდება სორტული დგანის არმატურა, გლინები და სხვა მრავალი დეტალი, რომელთაც მოეთხოვება თვისებათა მაღალი კომპლექსი. თუ სამუშაო ტემპერატურა $\leq 450^\circ\text{C}$, მაშინ უპირატესობა ექნება ADI-ის, უფრო მაღალ ტემპერატურებზე გამოიყენება ბეინიტური თუჯი 350C1H02DH5MΦT.

დასკვნა

ლაბორატორიულ და საქარხნო პირობებში ჩატარებული ექსპერიმენტების შედეგების ანალიზით შპს „რუსთავის ფოლადში“ დასაწერად რეკომენდებულია:

1. მაღალი სიმტკიცის თუჯის (BЧ↔DI) მისაღებად საჭიროა გვექონდეს სინთეტიკური თუჯის ბაზაზე შემუშავებული კომპოზიცია (შესაბამისი დამუშავებით), რომელიც გახურებისა ($t_{\geq 1550^\circ\text{C}}$) და დაყოვნების ($\tau_{\leq 30}$ წუთი) შემდეგ ჩამოისხმება ციციხეში, შემდეგ (დაყოვნების გარეშე) ლითონის ყალიბში (კოკილში). აღნიშნული ტექნოლოგიით სტაბილურად რეალიზდება სფერული ფორმის გრაფიტის მიღების „ფულერენული მოდელი“;
2. იმის გამო, რომ ბეინიტმა და ნარჩენმა აუსტენიტმა შექმნა ახალი საკონსტრუქციო მასალა ე.წ. „ბეინიტური თუჯი“, აუცილებელია კორექტივები იქნეს შეტანილი გრაფიტიზაციის პროცესში. მაურერის სტრუქტურული დიაგრამები სრულად პასუხობდა სხვადასხვა სტრუქტურის მქონე

(გრაფიტი+ფერიტი; გრაფიტი+ფერიტი+პერლიტი; გრაფიტი+პერლიტი) რუხი თუჯის მიღებას, ფართო გაგებით, კინეტიკური ფაქტორის მუდმივობისას. დღეს აუცილებელია, მაღალ სიმტკიცესთან ერთად, გვექონდეს ფარდობითი წაგრძელება $\geq 10-15\%$, რაც მოითხოვს მრავალმხრივ, სერიოზულ „რეკონსტრუქციას“. ჩვენი მონაცემებით (მათ შორის ძირითადია ჩვენი მეცნიერული ჰიპოთეზა სილიციუმის ზღურბლის შესახებ რკინასა და ბენიტური კლასის Fe-C-Si შენადნობებში) საჭიროა თუჯში შემცირდეს სილიციუმი 1,0%-მდე და დაემატოს 1,5–2,0% Al და 0,05–0,10% Ca. ეს მიდგომა საგრძნობლად გააუმჯობესებს როგორც გრაფიტიზაციის პროცესს ($\Delta_1 = 2,48\text{Å}_{\text{Fe}} - 2,35\text{Å}_{\text{Si}} = 0,13\text{Å}$; $\Delta_2 = 2,48\text{Å}_{\text{Fe}} - 2,86\text{Å}_{\text{Al}} = -0,38\text{Å}$; $\Delta_3 = 2,48\text{Å}_{\text{Fe}} - 3,95\text{Å}_{\text{Ca}} = -1,47\text{Å}$), ასევე ფუძის – რკინის თვისებებს (როცა Fe-Si სისტემაში Si=2,3%-ს, რკინის $KCU_{\text{Fe-Si}}=0$, როცა Si=1,0%-ს, მაშინ $KCU_{\text{Fe-Si}}=150\%$);

3. ყველა არსებული კომპონენტის გამოყენებით (განსაკუთრებით საშუალონახშირბადანი ბენიტური კლასის ფოლადის აუსტენიტის იზოთერმული და ანიზოთერმული დამ-

ლის ახალი ტიპის დიაგრამები) შემომგლინავი დგანის სამართულების დასამზადებლად რეკომენდებულია 350C1Ю2ДН5МФТ ტიპის ბენიტური თუჯი;

4. ADI-ის (350C1Ю2) იზოთერმული წრთობის ტემპერატურა კონტროლდება მზა პროდუქციის სამუშაო ტემპერატურით (ჩვენს შემთხვევაში 400–450°C). აღნიშნულის გამო, აუცილებელია მუშაობა ზედა ბენიტზე, რაც არ გამორიცხავს მუშაობას A₁–A₃ შორის. ჩვენი მარაგნაკეთით, როცა ფუძის C=0,40%, ვიქნებით ($\gamma+\alpha$) ორფაზა არეში – 740–800°C (ყველა კონკრეტულ შემთხვევაში საჭიროა დავადგინოთ ფაზათა ზუსტი თანაფარდობა, მაგალითად, სტარტისათვის 80% γ +20% α). ამ გზით (თერმული დამუშავებით) სტრუქტურაში შემოტანილი ფერიტი საშუალებას მოგვცემს ე. წ. „ფანჯრის“ უარყოფითი ეფექტი გამოვიყენოთ ჩვენს სასარგებლოდ, მაგალითად, ავტომატური დგანების სამართულების დასამზადებლად.

ზემომოყვანილი ღონისძიებები საშუალებას მოგვცემს საგრძნობლად გაიზარდოს ბენიტური თუჯის საკონსტრუქციო სიმტკიცე, ხანგამძლეობა.

ლიტერატურა

1. V. Kopaleishvili, O. Ioseliani, I. Kashakashvili, F. Tavadze. The use of bainite steels to attain a high-strength condition. // Posts of Academy of Sciences of Georgian SSR". – 1990, v.138. –№2.–pp. 357-160. (In Russian).
2. V. Kopaleishvili, R. Tkhelidze, D. Kharadze, etc., Certificate №1615191 (SU), Int. I. C 1 C22 d1/78. 9/00. "Method of production of piercing-rolling mill mandrels". Rustavi Metallurgical Works // Patent Bulletin.–1990.– №4. (In Russian).
3. V. Kopaleishvili, R. Tkhelidze, I. Kashakashvili, etc., Certificate #1753730 (SU), Int. I. C 1 C22 c38/50. "Steel". Rustavi Metallurgical Works// Patent Bulletin.–1992.–(for official use). (In Russian).
4. V. Kopaleishvili, I. Kashakashvili. Synergetic (self-organized) phenomena in Fe-C bainitic alloys. Scholarly articles of Georgian Technical University - Tbilisi: Publisher: "Technical University."-2001.-№5 (438), pp. 27-32. (In Russian).
5. V. Kopaleishvili, I. Kashakashvili, L. Kereselidze. Regularity between silicon threshold value and synergetic processes in Fe-C bainitic alloys. // Problems of metallurgy, materials science and welding: collected articles of 7th scientific and technical conference. 8-11 October, 2002 /prof. S. Iakobashvili (editor-in-chief). Association of welders of Georgia, others. Tbilisi, 2002. pp.16-33. (In Russian).

6. I. Kashakashvili, L. Kereselidze. Synergetic (self-organized) phenomena in Fe-C bainitic alloys and ways of their practical use. // Scientific articles / Georgian Technical University.-Tbilisi: Publisher: "Technical University."-2003.- №2 (448), pp. 136-140. (In Russian).
7. V. Kopaleishvili, I. Kashakashvili, L. Kereselidze, G. Kipiani, O. Ioseliani. Scientific hypothesis to explain new bifurcations in bainitic iron alloys and its meaning for material science // Tehran International Congress on Manufacturing Engineering (TICME2005). -December 12-15, 2005, Tehran, Iran. (In English).
8. V. Kopaleishvili, I. Kashakashvili, L. Kereselidze, O. Ioseliani. Silicon threshold in iron and Fe-C bainitic alloys and its value for materials science // Proceedings of Georgian Technical University. №1.-2006. pp. 109-114. (In Russian).
9. V. Kopaleishvili, I. Kashakashvili, L. Kereselidze, N. Khidasheli, D. Kopaleishvili, K. Ananiashvili. Elaboration of Iron Based Hydrogen Accumulating Alloys // Advanced Processing of Metals and Materials Vol. 4: New, Improved and Existing Technologies: Nonferrous Materials Extraction and Processing / Edited by F. Kongoli and R.G. Reddy. pp. 435-446.- From the 2006 TMS Fall Extraction & Processing: Sohn International Symposium, August 27-31, 2006, San Diego, California. (In English).
10. V. Kopaleishvili, O. Ioseliani, I. Kashakashvili, I. Kvirikadze, T. Makharadze. Presentation of Kinetic Diagrams of Austenite Disintegration in Integrated Way // Steel/-2006/-№12. pp. 57-60. (In Russian).
11. V. Kopaleishvili, L. Kotiashvili, I. Kashakashvili, T. Loladze, G. Chavchanidze. Relation between Griffiths brittle fracture energy criterion and material (product) life time (The first report) // Transport and Machine-building. №1(19), 2008, pp. 86-94. (In Georgian).
12. V. Kopaleishvili, L. Kotiashvili, I. Kashakashvili, D. Kopaleishvili, T. Makharadze, G. Chavchanidze. Evaluation of structural strength of low-alloyed steels considering crack resistance (The second report).Transport and Machine-building. №1(19). 2008. pp. 45-55. (In Georgian).
13. V. Kopaleishvili, I. Kashakashvili, L. Kereselidze, O. Ioseliani. Self-organizing phenomena in bainite steels // Metallurgist. Volume 52. Numbers 5-6. May, 2008. pp. 314-318. (Translated from Metallurg, №5, pp. 58-60, May, 2008). (In English).
14. V. Kopaleishvili, I. Kashakashvili, L. Kereselidze, N. Khidasheli, O. Barbakadze, M. Baratashvili. Increasing the structural strength of globular graphite cast iron by improvement of the composition and heat treatment // Transport and Machine-building, №2(21), 2011, pp. 28-53. (In Georgian).
15. V. Kopaleishvili, N. Khidasheli, L. Kereselidze, O. Barbakadze, M. Baratashvili, O. Takhadze. Ways of increasing the structural strength of bainitic cast iron and application of the results at "Rustavi Steel" Ltd // Energy, №1 (61), 2012, pp. 46-54. (In Georgian).
16. O. Barbakadze, V. Kopaleishvili, M. Baratashvili, R. Lomidze, R. Bakradze, G. Putkaradze. Cast Iron spheroidization methods and equipment. // Oil and Gas of Georgia. ISSN 1512-0457. Tbilisi, 2012, №27, pp. 95-104. (In Georgian).

UDC 669.1.017:661.774.35

SCOPUS CODE 2506

ENHANCEMENT OF STRUCTURAL STRENGTH OF BAINITIC CAST IRON BY OBTAINING SPHEROIDAL GRAPHITE, DEVELOPING CHEMICAL COMPOSITION OF ALLOY AND HEAT TREATMENT CONDITIONS

- V. Kopaleishvili** Department of Metallurgy, Materials Science and Metal Processing, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: v.kopaleishvili@gtu.ge
- M. Baratashvili** Department of Metallurgy, Materials Science and Metal Processing, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: manana_baratashvili@yahoo.com
- I. Kashakashvili** Department of Metallurgy, Materials Science and Metal Processing, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: i.kashakashvili@gtu.ge
- O. Barbakadze** Rustavi Steel LLC, 12 Gagarini Str., 3700 Rustavi, Georgia
E-mail: salome.b@live.ru
- T. Loladze** Department of Metallurgy, Materials Science and Metal Processing, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: t.loladze@gtu.ge
- R. Bakradze** Rustavi Steel LLC, 12 Gagarini Str., 3700 Rustavi, Georgia
E-mail: r.bakradze@rustavisteel.com
- Z. Parchukashvili** Department of Metallurgy, Materials Science and Metal Processing, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: zuka.79@mail.ru

Reviewers:

R. Gvetadze, Professor, Department of Metallurgy, Materials Science and Metal Processing, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, GTU

E-mail: r.gvetadze@gtu.ge

N. Khidasheli, Professor, Department of Metallurgy, Materials Science and Metal Processing, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, GTU

E-mail: khidly@gtu.ge

ABSTRACT. Bainitic cast iron matrix structure (80-90% bainite, 10-20% residual austenite) with spheroidal graphite can be obtained by isothermal hardening of nodular cast iron or using bainite class cast iron. Its hardness is provided by bainite while plasticity is provided by retained austenite containing spheroidal graphite. However, the problem is durability, hardly correctable cast metal structure and compatibility of the process of obtaining spheroidal graphite with the casting technological cycle.

The period of heat treatment of ductile iron (when the bainitic transformation of carbon-poor areas is completed, but the new phase - carbides and martensite crystals are not yet formed in carbon-rich areas of the austenite) is difficult to use. If this time is missed, the amount of residual austenite is greatly reduced. If the spherical shape of graphite in normal conditions (without heat treatment) provides some improvement of characteristics, including plasticity, it is not enough during the isothermal tempering, since the uncontrolled appearance of new phases causes embrittlement of an alloy.

KEY WORDS: bainitic cast iron; casting; durability; matrix; resistance; spherical and compact graphite; structural strength.

UDC 669.1.017:661.774.35

SCOPUS CODE 2506

ПОВЫШЕНИЕ КОНСТРУКЦИОННОЙ ПРОЧНОСТИ БЕЙНИТНОГО ЧУГУНА ПУТЕМ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СПЛАВА, ТЕРМООБРАБОТКИ И ПОЛУЧЕНИЯ ШАРОВИДНОГО ГРАФИТА

- Копалейшвили В.П.** Департамент металлургии, материаловедения и обработки металлов, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 69
E-mail: v.kopaleishvili@gtu.ge
- Бараташвили М.Д.** Департамент металлургии, материаловедения и обработки металлов, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 69
E-mail: manana_baratashvili@yahoo.com
- Кашакашвили И.Г.** Департамент металлургии, материаловедения и обработки металлов, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 69
E-mail: i.kashakashvili@gtu.ge
- Барбакадзе О.Г.** ООО „Рустави стил“, Грузия, 3700, Рустави, ул. Гагарина, 12
E-mail: salome.b@live.ru
- Лоладзе Т.О.** Департамент металлургии, материаловедения и обработки металлов, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 69
E-mail: t.loladze@gtu.ge
- Бакрадзе Р.М.** ООО „Рустави стил“, Грузия, 3700, Рустави, ул. Гагарина, 12
E-mail: r.bakradze@rustavisteel.com
- Парчукашвили З.А.** Департамент металлургии, материаловедения и обработки металлов, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 69
E-mail: zuka.79@mail.ru

Рецензенты:

Р. Гветадзе, профессор Департамента металлургии, материаловедения и обработки металлов факультета химической технологии и металлургии ГТУ

E-mail: r.gvetadze@gtu.ge

Н. Хидашели, профессор Департамента металлургии, материаловедения и обработки металлов факультета химической технологии и металлургии ГТУ

E-mail: khidly@gtu.ge

АННОТАЦИЯ. Структуру основы бейнитного чугуна (80-90% бейнит, 10-20% остаточный аустенит) с шаровидным графитом можно получить с помощью изотермической закалки пластичного чугуна или использованием чугуна бейнитного класса. Его твердость обеспечивает бейнит, в то время как пластичность обеспечивается остаточным аустенитом с шаровидным графитом. Однако проблемой являются долговечность, трудно исправимая структура литого металла и совместимость процесса получения шаровидного графита с технологическим циклом литья.

Промежуток термообработки пластичного чугуна (когда бейнитное превращение углерод-бедных участков завершается, а новые фазы - карбиды и кристаллы мартенсита не успели образоваться в богатых углеродом участках аустенита) трудно использовать. Если этот момент упускается, значительно уменьшается количество остаточного аустенита. Если сферическая форма графита в обычных условиях (без термической обработки) обеспечивает некоторое улучшение характеристик, включая пластичность, это недостаточно во время изотермической закалки, поскольку бесконтрольное появление новых фаз охрупчивает сплав.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: бейнитный чугун; долговечность; конструкционная прочность; основа; отливка; стойкость; шаровидный и компактный графит.

UDC 519.242

SCOPUS CODE 2201

დროითი რიგის წევრთა შორის ოპტიმალური ინტერვალის დადგენა

- მ. მესხი** საინჟინრო გეოდეზიისა და გეოინფორმატიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: murman meskhi@gtu.ge
- ს. ფირალიშვილი** საინჟინრო გეოდეზიისა და გეოინფორმატიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: geodezia@gtu.ge
- რ. ინაძე** საინჟინრო გეოდეზიისა და გეოინფორმატიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: inadzesandro@gtu.ge

რეცენზენტები:

- მ. ყალაბეგიშვილი**, შპს „ენგურჰესის“ პილოტტექნიკურ ნაგებობათა ექსპერტი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი
E-mail: kalabegishvili@hotmail.com
- ა. კიკაბიძე**, სტუ-ის სამთო-გეოლოგიის ფაკულტეტის საინჟინრო გეოდეზიისა და გეოინფორმატიკის დეპარტამენტის პროფესორი
E-mail: a-kikabidze@yahoo.com

ანოტაცია: განხილულია დროითი რიგების, ანალიზის პარამეტრული მეთოდის გამოყენებით, ავტორეგრესული მოდელების იდენტიფიცირების, პარამეტრების უმცირეს კვადრატთა მეთოდით დადგენისა და ადეკვატურობის დიაგნოსტიკური გასინჯვის საკითხები. წარმოდგენილია საბოლოოდ მიღებული მოდელების პრაქტიკული გამოყენების საკითხები, მათ შორის პროგნოზირების, პროცესის რეგულირებისა და რიგის წევრთა შორის ოპტიმალური ინტერვალის დადგენისას. ხაზგასმულია, რომ მოდელების გამოყენებისას პროცესის პროგნოზირებისათვის უპირატესობა ენიჭება ალბათურ, სტოქასტიკურ და არადეტერმინირებულ მოდელს, რადგან უკანასკნელ პროგ-

ნოზს ნაკლები სიზუსტით იძლევა. მოცემულია ენგურჰესის მაღლივი კაშხლის ერთიან ტექნიკურ სისტემაში შემავალი და გამომავალი პროცესების გადამცემ ფუნქციაში, წყალსაცავის წყლის დონისა და დახრმზომის მაჩვენებელთა დროითი რიგების წევრთა შორის ინტერვალის ოპტიმალური სიდიდის დადგენა. გაანალიზებულია მოცემული დროითი რიგებიდან დისკრეტიზირებითა და ახალი რიგების აგრეგირებით მიღებული სხვადასხვა ინტერვალის შემცველი დროითი რიგების ავტორეგრესული, მულტიპლიკატორული სახის მოდელები. მიღებულია ოპტიმალური ინტერვალის ალბათური სიდიდეები კაშხლის სხვადასხვა ადგილში განლაგებული დახრმზომის გამზომი ხელსაწყოების ჩვენებათა მიხედვით, ნარჩენი

შეცდომების საშუალო კვადრატული შეცდომების კრიტერიუმით. ანალიზის შედეგები წარმოდგენილია ცხრილებსა და ნახაზებში, სადაც ჩანს, რომ დროითი რიგების წევრთა შორის ოპტიმალური ინტერვალის სიდიდე სხვადასხვაა კაშხლის სხვადასხვა ადგილში.

საკვანძო სიტყვები: აგრეგირება; დისკრეტიზირება; დროითი რიგი; ოპტიმალური ინტერვალი; პროგნოზირება; რეაქციის დაგვიანების დრო; რეგულირება.

შესავალი

დროითი რიგი ყალიბდება ბუნებრივი პროცესების შედეგად ან ემპირიული გზით. როგორც ბუნებრივი, ისე ემპირიული დროითი რიგის წევრთა შორის ინტერვალის სიდიდე ხშირად განპირობებულია ამა თუ იმ ფაქტორით და ფიქსირებულია. მაგალითად, მზეზე ამოფრქვევათა წლიური რაოდენობა ან მდინარის ჩამონადენის დღეღამური რაოდენობა. ზოგჯერ ინტერვალს ირჩევენ პროცესის პროგნოზირებისა და რეგულირების ან სხვა მიზნით [2, 4].

როდესაც სიტუაცია ინტერვალის ოპტიმალურობის შესახებ გაურკვეველია, უნდა გაანალიზდეს სხვადასხვაინტერვალის დროითი რიგების მოდელები. ნარჩენი შეცდომების დისპერსია ამ დროს უნდა მიისწრაფოდეს მინიმუმისკენ, ინტერვალის თანდათანობით შემცირებასთან ერთად.

დროითი რიგის წევრთა შორის ინტერვალის უნდა იყოს ისეთი უმცირესი სიდიდე, რომ შუალედში მნიშვნელოვანი რამ არ ხდებოდეს.

ინტერვალის ოპტიმიზაცია პროცესის პროგნოზირება-რეგულირების გარდა საჭიროა მაშინ, როდესაც ტექნიკურ სისტემაში გადამცემი ფუნქციის მოდელთან გვაქვს საქმე და საჭიროა გამომავალი პროცესის შემავალ პროცესთან რეაგირების დროის დადგენა [2]. ამისათვის სა-

ჭიროა შევადგინოთ სხვადასხვაინტერვალის დროითი რიგების მოდელები საწყისი რიგის დისკრეტიზირებითა და ახალი რიგების აგრეგირების გზით და გავანალიზოთ. ეს შესაძლებელია მხოლოდ ინტერვალის თანდათან გაზრდით. დაუშვათ, გვაქვს დროითი რიგი საათური ინტერვალით, მაგრამ გვინდა მოდელი, რომლის მთავარი მიზანია პროგნოზირება 12 საათით ადრე. ამ დროს გადასაწყვეტია საკითხი, რომელი დროითი რიგი გამოვიყენოთ მოდელის შესადგენად – 1-საათიანი თუ 12-საათიანი ინტერვალის შემცველი. თუ უკანასკნელს ავირჩევთ, მაშინ საჭირო გახდება საწყისი დროითი რიგიდან აგრეგირების გზით მივიღოთ ახალი დროითი რიგი. ეს პრობლემა რიგის წევრების დაჯგუფების ეფექტთან არის დაკავშირებული. ამ დროს მხედველობაში მიიღება ისიც, რომ მოდელები შესაძლოა იყოს სხვადასხვა კლასის, ე.ი. დადგება ერთი და იგივე პროცესისათვის სხვადასხვა კლასის მოდელთა იდენტიფიცირების პრობლემა, რომელიც ავტო- და ურთიერთკორელაციური ფუნქციების დახმარებით გადაწყდება [4].

როდესაც საკითხი ეხება მოდელთა კლასიდან პროგნოზირებისათვის უფრო მისაღების შერჩევას, უპირატესობას ანიჭებენ სტოქასტიკურ და არა დეტერმინირებულ მოდელს, რადგან ეს უკანასკნელი პროგნოზს ნაკლები სიზუსტით იძლევა. ეს განპირობებულია იმით, რომ დროითი რიგის ალბათური ბუნება მოდელში, რომელიც მხოლოდ დეტერმინირებულ ფუნქციას შეიცავს, სრულიად იგნორირებულია [4].

იდელური იქნებოდა, საწყისი მონაცემთა საფუძველზე, ისეთი მოდელის მიღება, რომელიც ადეკვატური იქნებოდა ყველა დისკრეტული დროითი სკალისათვის, მაგალითად, ერთი და იგივე მოდელით მიგველო როგორც დღეღამური, ისე თვიური და წლიური პროგნოზები. მაგრამ ამის შეუძლებლობის გამო, იძულებული ვართ

შეგადგინოთ რამდენიმე მოდელი სხვადასხვა დროითი ინტერვალის მქონე რიგებისათვის [1].

დროითი რიგის წევრთა შორის ოპტიმალური ინტერვალის დადგენის საკითხი ხშირად წამოიჭრება. ამ დროს დისკრეტული სისტემები ბევრად არ ჩამოუვარდება ეფექტურობით უწყვეტ დინამიკურ სისტემებს თუ სწორადაა შერჩეული რიგის წევრებს შორის ინტერვალი. სასურველია ეს ინტერვალი, როგორც აღვნიშნეთ, იმდენად მცირე იყოს, რომ მათ შორის არ ხდებოდეს რაიმე არსებითი ცვლილება.

ჩვეულებრივ, შემოფოთება (ხმაური), რომელიც გაივლის სისტემაში, ახასიათებს მის ინერციულობასა და დინამიკურ თვისებებს. ასე, რომ ინტერვალი, აშკარად თუ ფარულად, ტექნიკური სისტემის დროის მუდმივას პროპორციული აიღება. დროის მუდმივა კი ამა თუ იმ სისტემისათვის არის ის დრო, რომელიც სჭირდება უწყვეტი სახის პირველი რიგის დიფერენციალურ სისტემას ერთი შემავალი და ერთი გამოშვებული პროცესებით, რათა შემავალი პროცესის ერთეულთან ნახტომის შემდეგ მიადწიოს გამომავალი პროცესის საბოლოო გაწონასწორებული დონის 63,2%-ს [2].

ძირითადი ნაწილი

როგორც აღვნიშნეთ, დროითი რიგის წევრთა შორის ინტერვალის ოპტიმალური სიდიდის დადგენის საჭიროება დაკავშირებულია, პროცესის პროგნოზირების, რეგულირებისა და გადამცემი ფუნქციის შემთხვევაში, გამომავალი პროცესის შემავალ პროცესთან რეაქციის დროის დადგენის საკითხებთან.

პროცესებში, სადაც სითხეების შერევისა და კიმიურ რეაქციებთან გვაქვს საქმე, ინტერვალის ტიპური მაჩვენებელია 2–3 საათი, ამიტომ დასაშვებია ხელით კონტროლი. გაზების რეაქციებში, სადაც პროცესები გაცილებით სწრაფად

ვითარდება, ინტერვალი აიღება წუთობით და ზოგჯერ წამობით და აუცილებელია ავტომატური მართვა და კორექტირება.

სხვა შემთხვევებში, ოპტიმალური ინტერვალის დასადგენად საჭიროა ექსპერიმენტები მოცემული დროითი რიგიდან ახალი დისკრეტული რიგების შესადგენად და ამ მოდელების გასაანალიზებლად.

ოპტიმალური ინტერვალის დადგენაში ხშირად გვეხმარება დასაბუთებული პრაქტიკული ვარაუდი და გამოცდილება. უფრო საიმედო კრიტერიუმი მოდელთა ნარჩენი შეცდომების დისპერსია და სტანდარტული შეცდომებია.

ნარჩენი შეცდომების საშუალო კვადრატული შეცდომა (სკშ) გამოითვლება ფორმულით:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \hat{X}_i)^2}{N - \nu}}$$

სადაც X_i არის დისკრეტული დროითი რიგის წევრები, \hat{X}_i – მოდელით გამოთვლილი წევრები, N – დროითი რიგის წევრთა რაოდენობა, ν – თავისუფლების ხარისხი, რომელიც დამოკიდებულია მოდელში პარამეტრების რაოდენობაზე.

დროითი რიგის წევრთა შორის ოპტიმალური ინტერვალის დასადგენად გავაანალიზეთ სხვადასხვა ინტერვალის შემცველი საწყისი დროითი რიგები ენგურჰესის კაშხლის პირობებისათვის:

1. 2001–2005 წწ. დღედამური ინტერვალის მქონე რიგები 402 ჰორიზონტზე მე-12 სექციაში დაყენებული დახრილობის გამზომისა და კაშხლის წყალსაცავში წყლის დონეთა (წწდ) მაჩვენებლებით. საწყისი დროითი რიგის დისკრეტულობითა და სათანადო წევრების აგრეგირებით მიღებულია 2,3,....,7 დღედამური ინტერვალის დროითი რიგები (ცხრ. 1);

2. 2011–2013 წწ. დღედამური ინტერვალის მქონე რიგები იმავე 402 ჰორიზონტზე მე-12, მე-18 და 26-ე სექციებში განლაგებული დახრილო-

ბის გამზომი და წყდ მანვენებლებით. ამ შემთხვევაშიც მიღებულია ახალი დროითი რიგები 2,3,...,7 დღელამური ინტერვალებით (ცხრ. 2);

3. 2012–2013 წწ. საათური ინტერვალის შემცველი დროითი რიგები იმავე ჰორიზონტსა და იმავე სექციებში განლაგებული დახრილობის გამზომი და წყდ მანვენებლებით. საწყისი საათურინტერვალის დროითი რიგების დისკრეტიზირება მოხდა 6, 12, 18 და 24-საათიანი ინ-

ტერვალის შემცველი დროითი რიგების აგრეგირების მიზნით (ცხრ. 3).

ცხრილებში მოცემული მანვენებლებით აგებული გრაფიკები წარმოდგენილია ნახაზეზე (ნახ. 1, 2, 3).

სამივე პერიოდის დისკრეტიზირებული დროითი რიგების ნარჩენი შეცდომების სკშ მიღებულია ზემოთ მოცემული ფორმულით და წარმოდგენილია ცხრილებში.

ცხრილი 1

2001–2005 წწ. დღელამური დროითი რიგები

ინტერვალი D , დღე-ღამე	1	2	3	4	5	6	7
რიგში წვერთა რაოდენობა	1826	913	608	456	365	304	260
ნარჩ. შეცდ. სკშ σ	5,126	5,132	5,136	5,176	5,183	5,230	5,235

ცხრილი 2

2011–2013 წწ. დღელამური დროითი რიგები

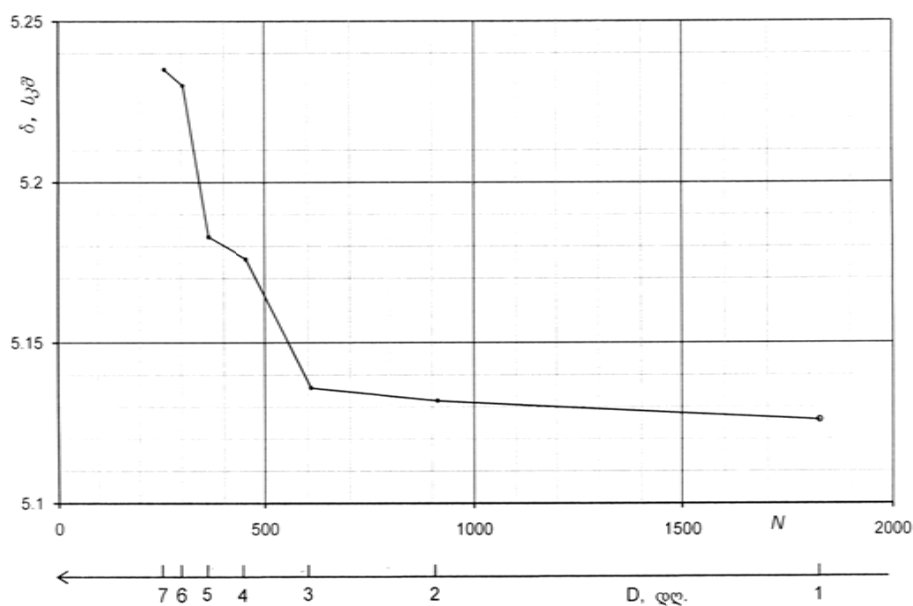
ინტერვალი D , დღე-ღამე	1	2	3	4	5	6	7	
რიგში წვერთა რაოდენობა	586	293	195	146	117	97	83	
ნარჩ. შეცდ. სკშ, σ	დახრმ. № 12 სექციასი	1,735	1,753	1,791	1,775	1,771	1,836	1,841
	დახრმ. № 18 სექციასი	5,068	5,112	5,152	5,212	5,268	5,334	5,399
	დახრმ. № 26 სექციასი	4,696	4,764	4,774	4,816	4,803	4,928	4,918

2012–2013 წწ. საათური დროითი რიგები

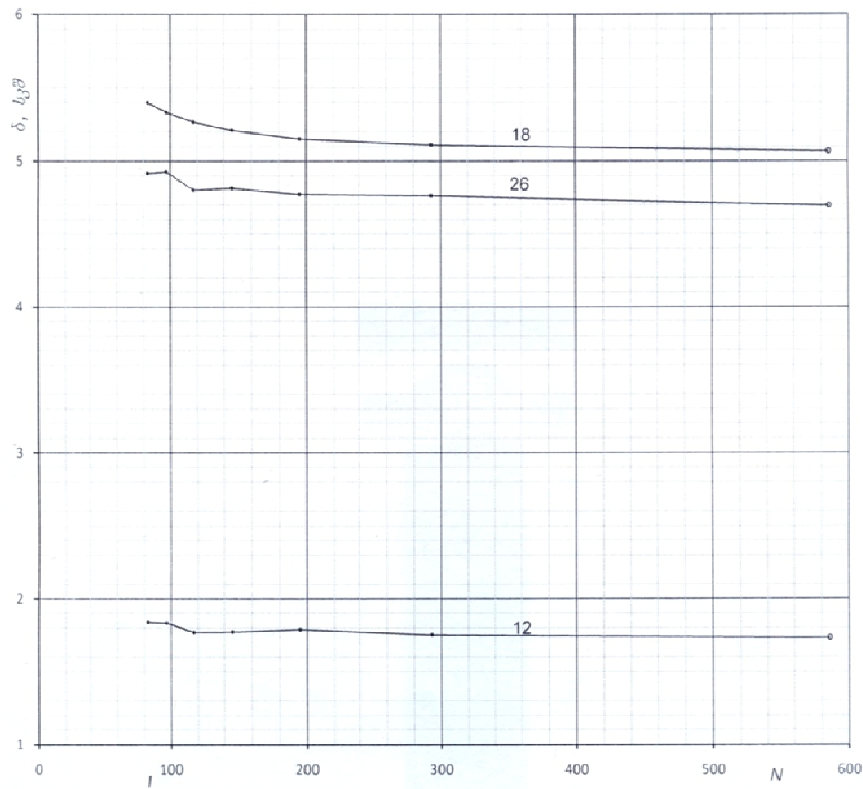
ინტერვალი D, საათი		6	12	18	24
რიგში წვერთა რაოდენობა		2920	1460	973	730
ნარ. შეცვლ. სკმ, σ	დახრმ. № 12 სექციაში	1,215	0,967	0,893	1,010
	დახრმ. № 18 სექციაში	4,538	1,959	3,053	3,450
	დახრმ. № 26 სექციაში	4,947	2,946	2,416	3,253

როგორც ცხრილებში, ისე ნახაზებზე ჩანს, რომ დროითი რიგის წვერთა შორის ინტერვალის ოპტიმალური სიდიდე მიისწრაფვის უმცირესისკენ. დღელამური ინტერვალის შემცველი რიგებისთვის ეს არის 1 დღე-ღამე. რაც შეეხება საათური ინტერვალებიან რიგებს, ანალიზი შემ-

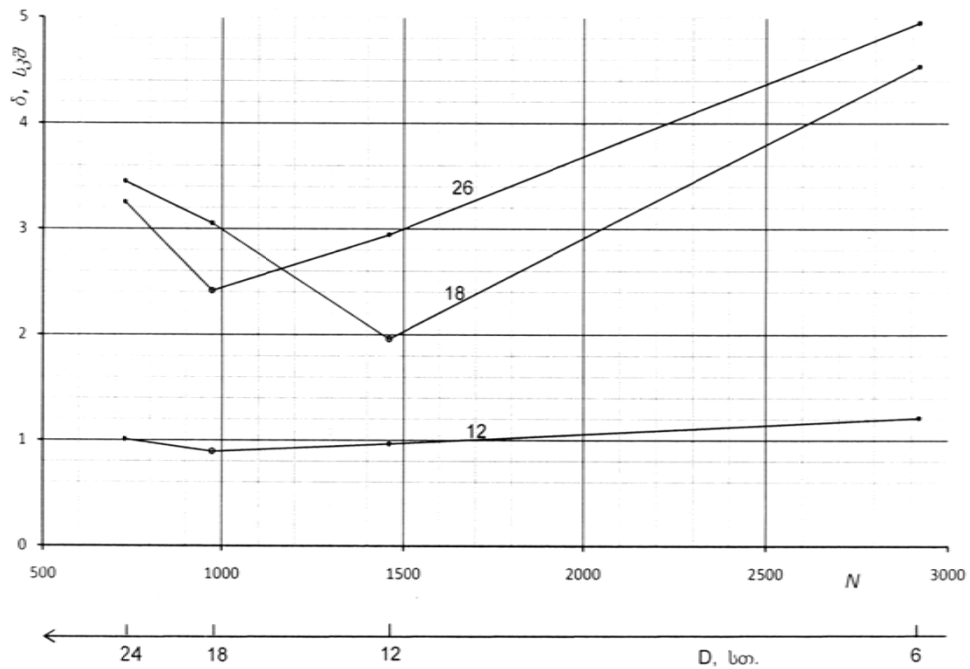
დეგ სურათს იძლევა: კაშხლის ნაპირებთან ახლოს, მე-12 და 26-ე სექციებში განლაგებული დახრილობის გამზომი მაჩვენებლების მიხედვით ოპტიმალური ინტერვალია 18 საათი, კაშხლის შუაში, მე-18 სექციისათვის – 12 საათი.



ნახ.1. 2001–2005წწ. დღელამური დროითი რიგები. 402 პროიზონტი. მე-12 სექცია



ნახ. 2. 2011–2013წწ. დღეღამური დროითი რიგები. 402 პორიზონტი. მე-12, მე-18, 26-ე სექციები



ნახ.3. 2012–2013წწ. საათური დროითი რიგები. 402 პორიზონტი. მე-12, მე-18, 26-ე სექციები

დასკვნა

როგორც მოცემული დროითი რიგების დისკრეტიზირებითა და ახალი რიგების აგრეგირებით მიღებული სხვადასხვაინტერვალიანი რიგების მოდულების ანალიზი აჩვენებს, რიგის წევრთა შორის ოპტიმალური ინტერვალის სიდიდე კაშხლის სხვადასხვა ნაწილში სხვადასხვაა. მე-12 და 26-ე სექციებში (კაშხლის მარჯვენა და მარცხენა ნაპირებისკენ) მისი სიდიდე 18 საათია, ხოლო კაშხლის შუა ნაწილში – 12 საათი.

ინფორმაციულობის მაქსიმიზაციისა და სტანდარტული შეცდომის მინიმიზაციის პრინციპების, აგრეთვე იმის გათვალისწინებით, რომ არ იქნება გონივრული ერთსა და იმავე ობიექტზე სხვადასხვაინტერვალიანი დროითი რიგებით ოპერირება, მიზანშეწონილია დროითი რიგების ფორმირება ნ-საათიანი ინტერვალით, ზედმეტი დაზღვევის გათვალისწინებით, რათა ინტერვალის შუალედში მნიშვნელოვანი ცვლილება არ ხდებოდეს, ოპტიმალურად შეიძლება მიღებულ იქნეს 1-საათიანი ინტერვალი.

ლიტერატურა

1. T. Anderson. Statistical analysis of time series. M.: Mir, 1976. (In Russian).
2. J. Box, G. Jeninks. Analysis of time series. M.: Mir, 1974. (In Russian).
3. J. Dub. Probabilistic processes. M., 1956. (In Russian).
4. R.L. Kashciap, A.R. Rao. Construction of dynamic stochastic model by experimental data. M.: Nauka, 1983. (In Russian).
5. M. Kendall, A. Stewart. Multivariate statistical analysis and time series. M.: Nauka, 1976. (In Russian).
6. E. Hennan. Analysis of time series. M.: Nauka, 1964. (In Russian).
7. E. Hennan. Multivariate time series. M.: Mir, 1974. (In Russian).

UDC 519.242
SCOPUS CODE 2201

DEFINITION OF OPTIMAL INTERVAL BETWEEN TIME SERIES TERMS

- M. Meskhi** Department of Engineering Geodesy and Geoinformatics, Georgian Technical University, 75 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: murman meskhi@gtu.ge
- S. Piralishvili** Department of Engineering Geodesy and Geoinformatics, Georgian Technical University, 75 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: geodezia@gtu.ge
- R. Inadze** Department of Engineering Geodesy and Geoinformatics, Georgian Technical University, 75 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: inadzesandro@gtu.ge

Reviewers:

M. Kalabegishvili, Expert of hydrotechnical structures of Engurhesi Ltd, Doctor of Technical Sciences, Professor
E-mail: kalabegishvili@hotmail.com

A. Kikabidze, Professor, Department of Engineering Geodesy and Geoinformatics, Faculty of Mining and Geology, GTU
E-mail: a-kikabidze@yahoo.com

ABSTRACT. This article presents the analysis of time series using the parametric method of identification of autoregressive models, parameters least squares method and adequacy of diagnostic examination issues, also practical application matters of the finally obtained models, including forecasting, process control and determining the optimum interval between the time series terms. The article emphasizes that in application of models for predicting processes preference is given to probability, stochastic model, and not to deterministic methods, because the latter gives less accurate forecasts. Another subject discussed is the determination of water level in the reservoir and optimal value of interval between the time series terms of inclination indicators readings in the transfer function of input and output processes in the unified Enguri HPP high dam general technical system. Analyzed are the autoregressive, multiplier type models obtained by sampling of given time series and aggregation of the new time series containing various intervals. Obtained are the probable values of optimal interval according to the readings of inclination measuring devices located in different places of dam, with the residual errors in the mean square error criteria. The results of analysis are presented in the form of tables and drawings showing that the optimal time interval between the time series terms has different magnitude in different areas of the dam.

KEY WORDS: aggregation; discretization; forecasting; optimal interval; regulation; time series; ; time of late reaction.

UDC 519.242

SCOPUS CODE 2201

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ИНТЕРВАЛА МЕЖДУ ЧЛЕНАМИ ВРЕМЕННОГО РЯДА

- Месхи М.А.** Департамент инженерной геодезии и геоинформатики производственно-технологических машин и мехатроники, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 75
E-mail: murman meskhi@gtu.ge
- Пиралишвили С.Х.** Департамент инженерной геодезии и геоинформатики производственно-технологических машин и мехатроники, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 75
E-mail: geodezia@gtu.ge
- Инадзе Р.В.** Департамент инженерной геодезии и геоинформатики производственно-технологических машин и мехатроники, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 75
E-mail: inadzesandro@gtu.ge

Рецензенты:

М. Калабегшвили, эксперт гидротехнических сооружений ООО “ИнгуриГЭС”, доктор технических наук, профессор

E-mail: kalabegishvili@hotmail.com

А. Кикабидзе, профессор Департамента инженерной геодезии и геоинформатики горно-геологического факультета ГТУ

E-mail: a-kikabidze@yahoo.com

АННОТАЦИЯ. Статья посвящена вопросам анализа временных рядов: использования метода параметрической идентификации авторегрессионных моделей, определения параметров методом наименьших квадратов и диагностической проверки адекватности. Представлены вопросы практического применения моделей, в том числе прогнозирования, регулирования процессов и определения оптимального интервала между членами ряда. Подчеркнуто, что при использовании моделей для процесса прогнозирования предпочтение отдается вероятностной, стохастической, а не детерминированной модели, потому что последняя дает менее точные прогнозы. Представлен вопрос определения в передаточной функции входящих и выходящих процессов единой технической системы высотной плотины ИнгуриГЭС. Входящий процесс - это уровень воды в водохранилище, а выходящий - показателей наклономера. Проанализированы полученные дискретизацией заданных временных рядов и агрегацией новых рядов содержащие различные интервалы временных рядов в виде авторегрессионных и мультипликаторного типа моделей. Получены оптимальные вероятностные значения интервала, согласно показаниям расположенных в разных местах плотины измеряющих наклон измерительных приборов, по критерию среднеквадратической погрешности остаточных ошибок. Результаты анализа представлены в виде таблиц и рисунков, которые показывают, что оптимальная величина интервала времени между членами рядов различна в разных местах плотины.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: агрегирование; временной ряд; время запаздывания реакции; дискретизация; оптимальный интервал; прогнозирование; регулирование.

UDC 519.242

SCOPUS CODE 2201

ენგურჰესის წყალსაცავში წყლის დონის ცვლილებაზე კაშხლის რეაქციის დროის კვლევა

- მ. მესხი** საინჟინრო გეოდეზიისა და გეოინფორმატიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: murmanmeskhi@gtu.ge
- ს. ფირალიშვილი** საინჟინრო გეოდეზიისა და გეოინფორმატიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: geodezia@gtu.ge
- რ. ინაძე** საინჟინრო გეოდეზიისა და გეოინფორმატიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: inadzesandro@gtu.ge

რეკენზენტები:

- მ. ყალაბეგიშვილი**, შპს „ენგურჰესის“ ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა ექსპერტი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი
E-mail: kalabegishvili@hotmail.com
- ა. კიკაბიძე**, სტუის სამთო-გეოლოგიის ფაკულტეტის საინჟინრო გეოდეზიისა და გეოინფორმატიკის დეპარტამენტის პროფესორი
E-mail: a-kikabidze@yahoo.com

ანოტაცია: მოცემულია ენგურჰესის წყალსაცავში წყლის დონის ცვლილებაზე კაშხლის რეაქციის დროის კვლევის შესახებ. წარმოდგენილია რეალურად არსებული ემპირიული დროითი რიგების – წყალსაცავში წყლის დონისა და კაშხლის ტანში სხვადასხვა ადგილას დამონტაჟებული დახრილობის გამზომი ხელსაწყოების მახვენებელთა დისკრეტიზირებითა და ახალი სხვადასხვანაირი რიგების აგრეგირებით მიღებული მულტიპლიკატორული ტიპის მოდელების ანალიზი, ასევე დროითი რიგების გადამცემი ფუნქცია შემავალი და გამომავალი პროცესების იდენტიფიცირებით. აღნიშნულია, რომ გამომავალ

პროცესზე შეიძლება მოქმედებდეს როგორც ეგზოგენური ანუ უკუკავშირის არქონე, ისე სხვა ფაქტორები, რომლებიც გამომავალ პროცესს, მის რეაქციას განაპირობებს. ხაზგასმულია, რომ კაშხლის რეაქციის დროის დადგენისას კრიტერიუმად მიღებულია არა სტანდარტული შეცდომის სიდიდე, არამედ მოდელთა ნარჩენი შეცდომების – ფაქტობრივი დროითი რიგის წვერთა და მოდელით მიღებულ იგივე წვერთა სხვაობების – კვადრატების ჯამის მინიმალური სიდიდე. განხილულია წყალსაცავში წყლის დონის ცვლილებაზე, კაშხლის რეაქციის დაგვიანების დროის კვლევისას, მოდელში შესატანი პარამეტრის მნიშვნელობის საკითხი როგორც უწყვეტი დინა-

მიკური, ისე დისკრეტული სისტემის შემთხვევაში. დადგენილია ენგურჰესის პირობებში მისი რეაქციის დროის ალბათური სიდიდე კაშხლის სხვადასხვა ადგილას. რეკომენდებულია უფრო დამაჯერებელი დასკვნების მისაღებად დროითი რიგების რეპრეზენტატულობის გაზრდა.

საკვანძო სიტყვები: აგრეგაცია; დისკრეტობა; დროითი რიგი; კაშხლის რეაქცია; კრიტიუმი.

შესავალი

ენგურჰესის პირობებში რეალურად გვაქვს წყალსაცავში წყლის დონისა (წყდ) და კაშხლის დახრილობის გამზომ ხელსაწყოთა ემპირიული დროითი რიგები. თავისი ბუნებით ეს რიგები უწყვეტი სახისაა, მაგრამ აღრიცხვას ექვემდებარება დისკრეტული ინტერვალებით (წუთი, საათი, დღე-ღამე).

როდესაც რომელიმე ტექნიკურ სისტემაში გადამცემი ფუნქციის მოდელთან გვაქვს საქმე, იგი შედგება ერთი ან რამდენიმე დამოუკიდებელი შემავალი პროცესისა და დამოკიდებული გამომავალი პროცესისგან. დამოუკიდებელი პროცესებიდან ზოგიერთი ეგზოგენური ანუ უკუკავშირის არმქონე ხასიათისაა [4].

როგორც დროითი რიგის წევრთა შორის ოპტიმალური ინტერვალის დადგენისას, აქაც საჭიროა შევადგინოთ სხვადასხვანაირი დროითი რიგების მოდელები მოცემული საწყისი რიგის დისკრეტიზირებისა და ახალი რიგების აგრეგირების გზით და გავაანალიზოთ ისინი. თუ პირველ შემთხვევაში კრიტიკულად ვიყენებთ სტანდარტულ შეცდომას (სკშ), კაშხლის წყდ ცვლილებაზე რეაქციის დროის კვლევისას კრიტიკულად უმჯობესია მოდელის ნარჩენ შეცდომათა კვადრატების ჯამის მინიმუმის გამოყენება

[2]. ნარჩენი შეცდომები (მოდელით მიღებულ და ფაქტიურ მონაცემთა შორის სხვაობები) განასახიერებს ტექნიკურ სისტემაში არსებულ შემფოთებას, ხმაურს, რომელიც მის ინერციულობასა და დინამიკურ თვისებებს ახასიათებს [1].

ძირითადი ნაწილი

უწყვეტი დინამიკური სისტემის შემთხვევაში, ერთი შემავალი და ერთი გამომავალი პროცესებით, მოდელი თეორიულად პირველი რიგის დიფერენციალური განტოლებაა, რომლის ზოგადი სახეა:

$$(1+TD)y(t) = gx(t-\tau), \quad (1)$$

სადაც $D = d/dt$ არის პირველი რიგის დიფერენციალი, T – ერთიანი ტექნიკური სისტემის დროის მუდმივა (დრო, რომელიც სჭირდება პირველი რიგის სისტემას, რომ შემავალ პროცესზე მიაღწიოს ერთეულოვანი ნახტომის შემდეგ გამომავალი პროცესის გაწონასწორებული დონის ~63%-ს), g – შემავალ და გამომავალ პროცესებს შორის სისტემის მახასიათებელი პროპორციულობის კოეფიციენტი, τ – შემავალ პროცესზე (წყდ ცვლილება) გამომავლის (კაშხლის რეაქცია) გამოძახილი, $y(t)$ და $x(t)$ – შესაბამისად, გამომავალი და შემავალი უწყვეტი პროცესები.

დისკრეტული სისტემისა და, შესაბამისად, დისკრეტული დროითი რიგების შემთხვევაში საქმე გვაქვს ალბათურ, შემთხვევითი სახის მოდელთან, რომლის იდენტიფიცირება ხდება ავტო- და ურთიერთკორელაციური ფუნქციებით. შედეგად მიიღება ავტორეგრესული, მულტიპლიკატორული ტიპის მოდელი, რომელშიც τ კაშხლის რეაქციის უწყვეტი დროის ნაცვლად გვექნება b პარამეტრი – დისკრეტული დრო, გამოსახული ინტერვალის სიდიდეებში [2].

დისკრეტული დროითი რიგების ანალიზით იდენტიფიცირებული გადამცემი ფუნქციის მოდელი შემდეგი სახისაა:

$$X_t = \delta_1 X_{t-1} + \delta_2 X_{t-2} - \delta_3 X_{t-3} + \omega_0 H_{t-b} - \omega_1 H_{t-1-b} - \omega_2 H_{t-2-b} + \omega_3 H_{t-3-b}, \quad (2)$$

სადაც X_t არის გამომავალი პროცესი t დისკრეტულ დროში – დახრილობის გამზომ ხელსაწყოთა მანქანებლები, გამოსახული კუთხური წამებით: H_t – წვდ მანქანებლები იმავე t დროში, გამოსახული მეტრებით: X და H ინდექსები – 1, 12, 13, შესაბამისად, თვიური, წლიური და წლისა და ერთი თვის საყრდენი ინტერვალის შემცველი მანქანებლები (დროითი რიგების პერიოდია წელი, ხოლო საყრდენი ინტერვალის – თვე), b – კაშხლის რეაქციის დაყოვნების მანქანებელი გამოსახული დროითი ინტერვალებით, რომელიც ნარჩენი შეცდომების კვადრატების ჯამის მინიმუმის კრიტერიუმით მიგვანიშნებს, თუ რამდენი დროითი ინტერვალის შემდეგ ახდენს რეაქციას კაშხალი წვდ ცვლილებაზე.

ზოგადად, ტექნიკური სისტემების უმრავლესობა და კერძოდ ენგურჰისის კაშხალი ინერციულ სისტემებს მიეკუთვნება. აქედან გამომდინარე, მისი რეაქცია არ იქნება მყისი და ადგილი ექნება დაგვიანებას b დროითი ინტერვალით, რომლის სიდიდე მისაღები უნდა იყოს საღი აზრითა და პროცესის ლოგიკურობით.

b პარამეტრის მიახლოებითი სიდიდის დასადგენად, ანალიზისათვის გამოყენებულია 2001–2005 წწ. რეპრეზენტატიული და 2011–2013 და 2012–2013 წწ. ნაკლებად რეპრეზენტატიული დროითი რიგები. ამათგან პირველი და მეორე დღეღამურინტერვალისა, ხოლო მესამე – საათურინტერვალისა. პირველი და მეორე რიგებიდან ახალი რიგების აგრეგირებით მიღებული გვაქვს 2,3,...,7 დღეღამურინტერვალისა, ხოლო მესამე რიგიდან – 6, 12, 18, 24 საათურინტერვალისა რიგები, რომელთა მოდულების ანალიზის შედეგები წარმოდგენილია ცხრილებისა (1, 2, 3) და გრაფიკების (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7) სახით.

რეაქციის დროის დადგენისათვის კრიტერიუმად მიღებულია ნარჩენი შეცდომების კვადრატების ჯამის მინიმალური მნიშვნელობა, რომელთა გამოსათვლელად ვიყენებთ შემდეგ დამოკიდებულებას:

$$S^2 = \sum_{t=1}^N (X_t - \hat{X}_t)^2, \quad (3)$$

სადაც X_t არის მოცემული დროითი რიგის წევრები; \hat{X}_t – წვერები, რომლებიც გამოთვლილია (2) მოდულით; N – დროით რიგში წვერთა რაოდენობა.

ცხრილი 1

2001–2005 წწ. დღეღამურინტერვალისა დროითი რიგები

ინტერვალის, დღე-ღამე	1	2	3	4	5	6	7
რიგში წვერთა რაოდენობა	1826	913	608	456	365	304	260
№ 12 სექცია $\min \sum S_a^2$	$b = 1$	$b = 0$	$b = 0$	$b = 0$	$b = 0$	$b = 0$	$b = 0$

2011–2013 წწ. დღეღამურინტერვალიანი დროითი რიგები

ინტერვალი, დღე-ღამე		1	2	3	4	5	6	7
რიგში წვერთა რაოდენობა		586	293	195	146	117	97	83
$\min \sum S_a^2$	№ 12 სექც.	$b = 0$	$b = 0$	$b = 0$	$b = 0$	$b = 0$	$b = 0$	$b = 0$
	№ 18 სექც.	$b = 1$	$b = 0$	$b = 0$	$b = 0$	$b = 0$	$b = 0$	$b = 0$
	№ 26 სექც.	$b = 2$	$b = 1$	$b = 1$	$b = 1$	$b = 0$	$b = 0$	$b = 0$

2001–2005 წწ. დღეღამურინტერვალიანი დროითი რიგებით მიღებული მოდელებით, რომლებიც ყველაზე მეტად რეპრეზენტატიული დროითი რიგებია (საყრდენი ინტერვალების რაოდენობა >50), რეაქციის დრო განისაზღვრება 0–1 ინტერ-

ვალით ანუ 1 დღე-ღამის დაგვიანებით (ცხრ.1 და ნახ.1). ეს მიგვანიშნებს, რომ კაშხლის რეაქციის დრო წყდ ცვლილებაზე სავარაუდოდ ტოლია ან ნაკლები 1 დღე-ღამის.

2012–2013 წწ. საათურინტერვალიანი დროითი რიგები

ინტერვალი, საათი		6	12	18	24
რიგში წვერთა რაოდენობა		2920	1460	973	730
$\min \sum S_a^2$	№ 12 სექც.	$b = 0$	$b = 0$	$b = 0$	$b = 0$
	№ 18 სექც.	$b = 0$	$b = 0$	$b = 0$	$b = 0$
	№ 26 სექც.	$b = 7$	$b = 2$	$b = 1$	$b = 0$

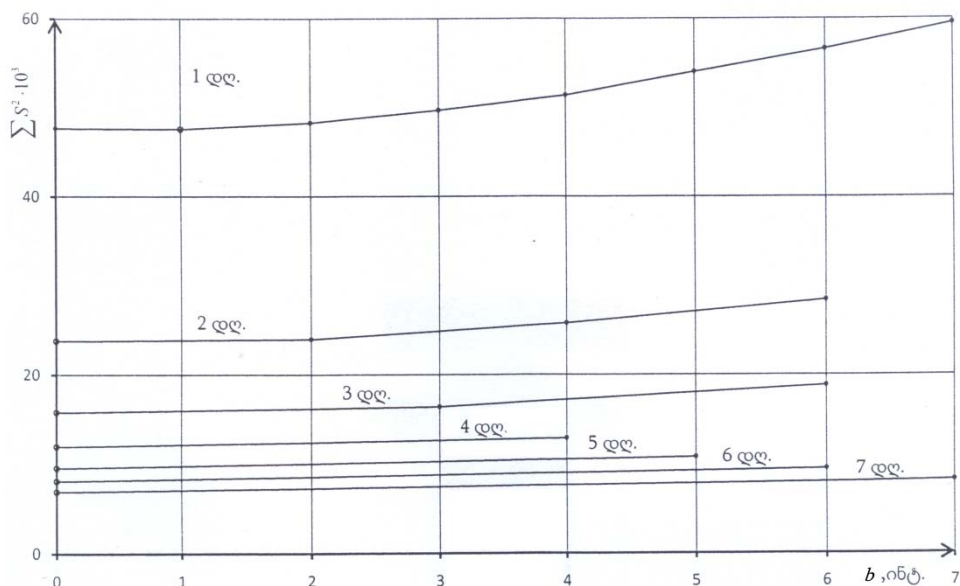
2011–2013 წწ. ნაკლებად რეპრეზენტატიული დროითი რიგების მოდელები (საყრდენი ინტერვალების რაოდენობა 30-ის ტოლია) სამი დახრილობის გამზომი ხელსაწყოთი მე-12, მე-18 და 26-ე სექციებში შემდეგ სურათს იძლევა (ცხრ.2 და ნახ.2, 3, 4): მე-12 და მე-18 სექციებში რეაქცია $b = 0-1$ ინტერვალზე მოდის, ხოლო 26-ე

სექციაში $b = 0-1-2-3$ ინტერვალზე ანუ რეაქცია მუდგანდება 1–2–3 დღე-ღამის შემდეგ.

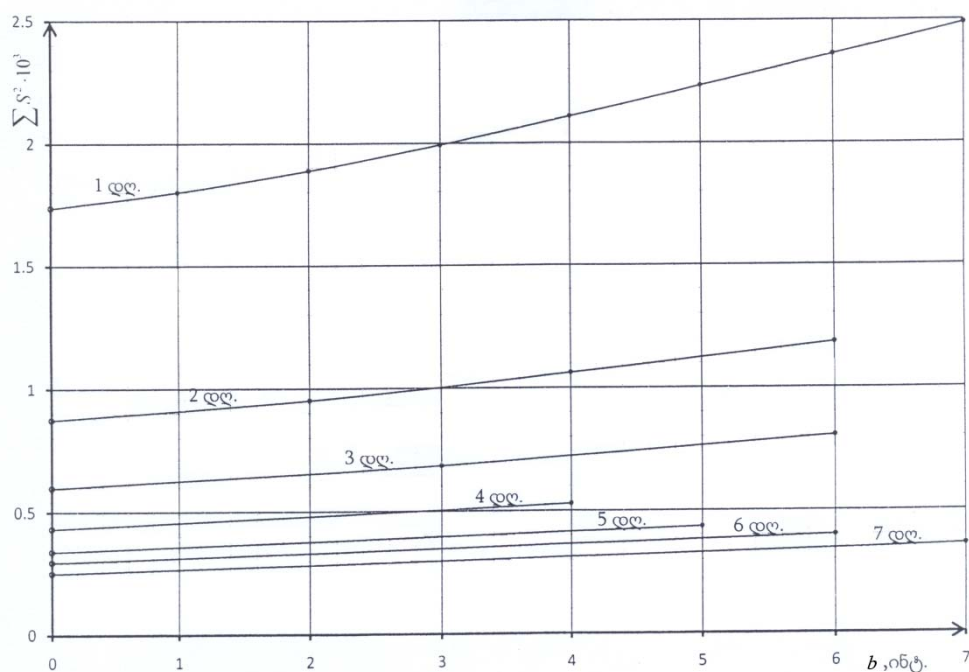
2012–2013 წწ. საათურინტერვალიანი დროითი რიგების მიხედვით მიღებული მოდელებით (საყრდენი ინტერვალია 24) კაშხლის რეაქცია წყდ ცვლილებაზე შემდეგ სურათს იძლევა (ცხრ.3 და ნახ. 5, 6, 7): მე-12 და მე-18 სექციებში $b = 0$, რაც

6-საათიან ინტერვალზე ნაკლებ დროს მიუთითებს, ხოლო მე-16 სექციაში b იცვლება 1-7 ფარგლებში, რაც მიუთითებს, რომ რეაქცია მქლავნდება 42 საათიდან ($b=7 \cdot 6$) 54 სთ-მდე

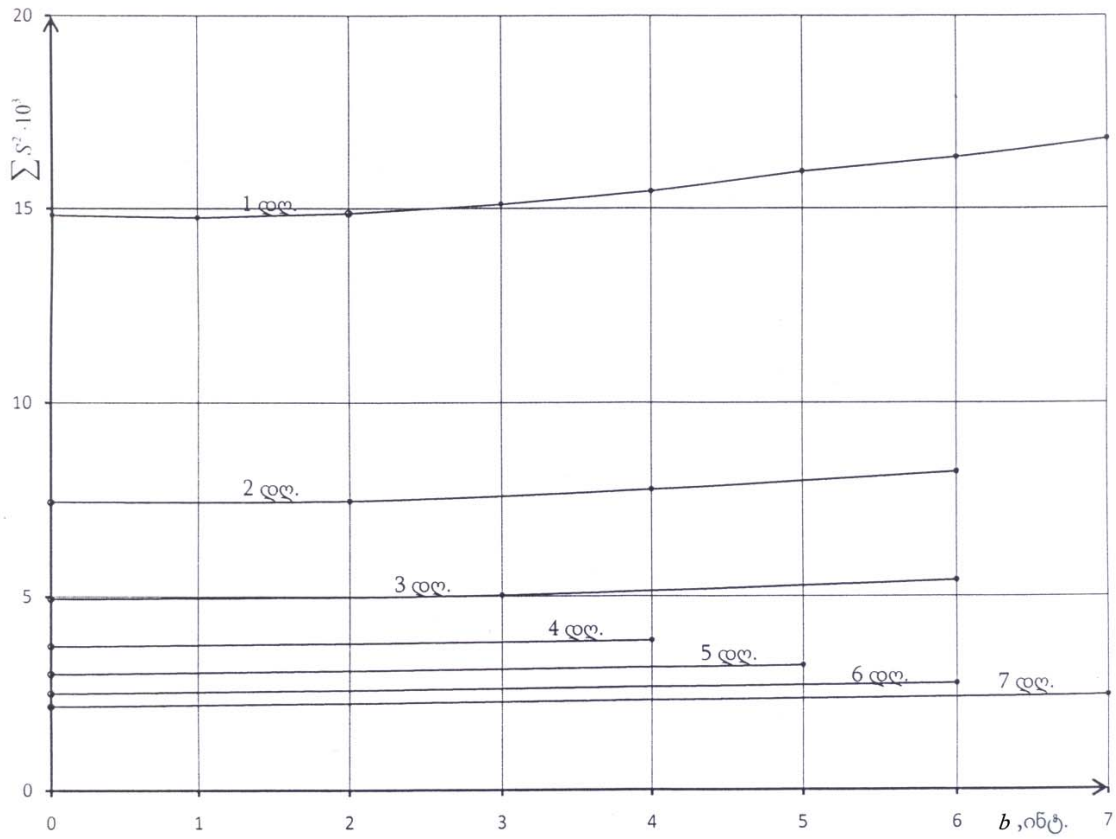
($b=3 \cdot 18$). ეს ახლოსაა 2011-2013 წწ. დღეღამურ ინტერვალთან დროითი რიგების მოდელებით მიღებულ შედეგებთან (2-3 დღე-ღამე).



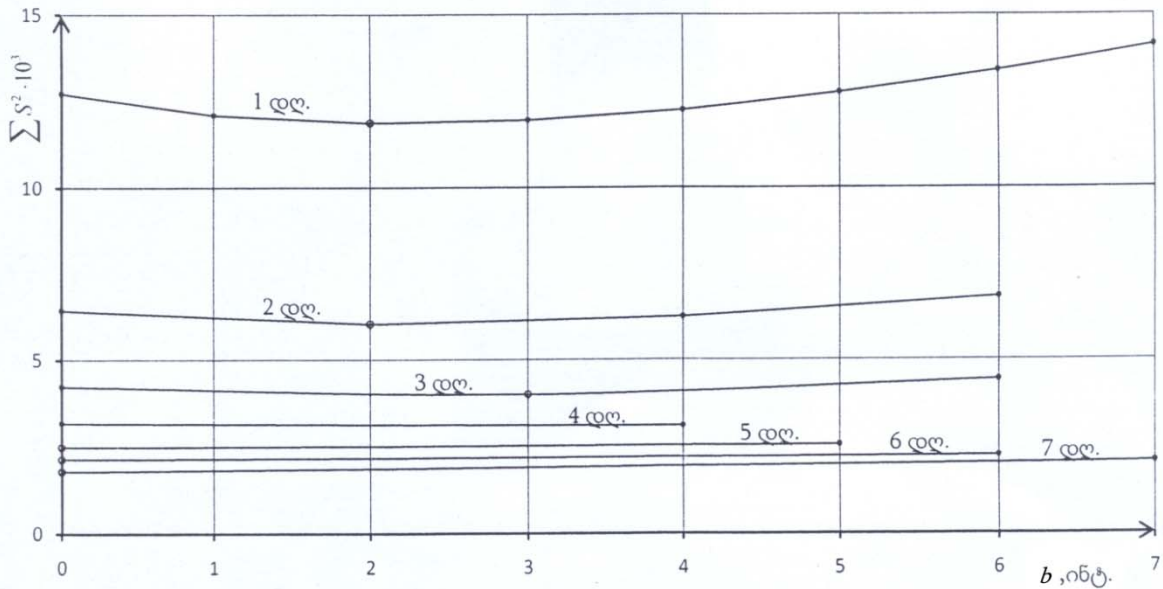
ნახ.1. 2001-2005 წწ. დროითი რიგები. დახრმზომი მე-12 სექციაში



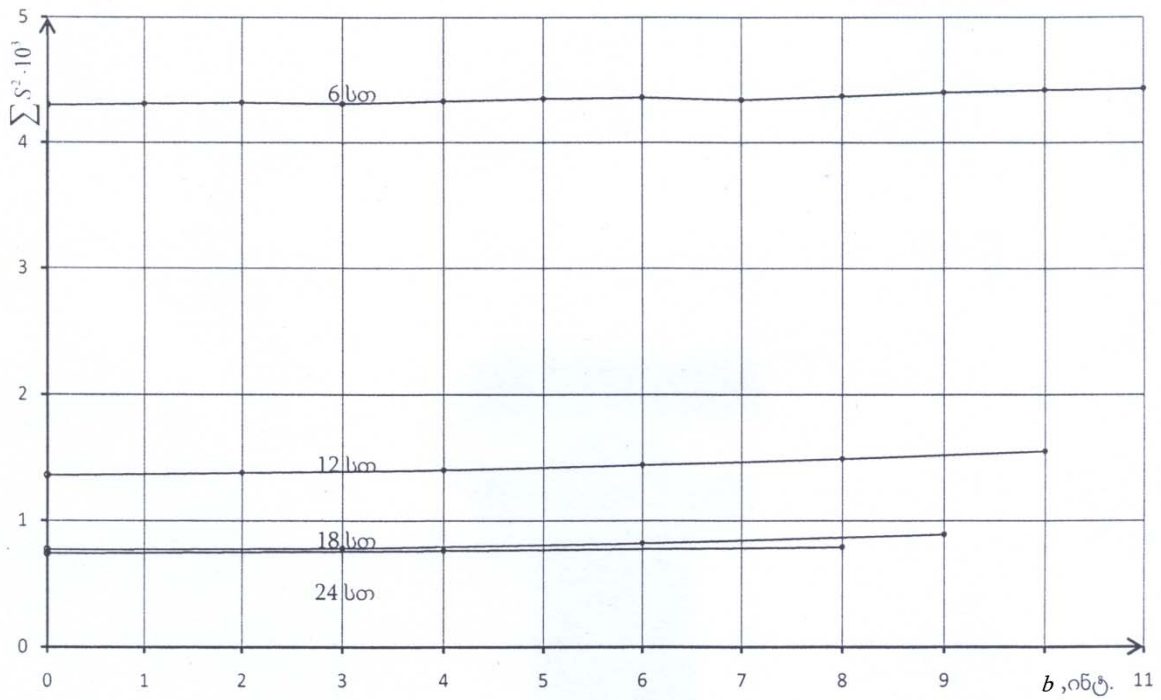
ნახ.2. 2011-2015 წწ. დროითი რიგები. დახრმზომი მე-12 სექციაში



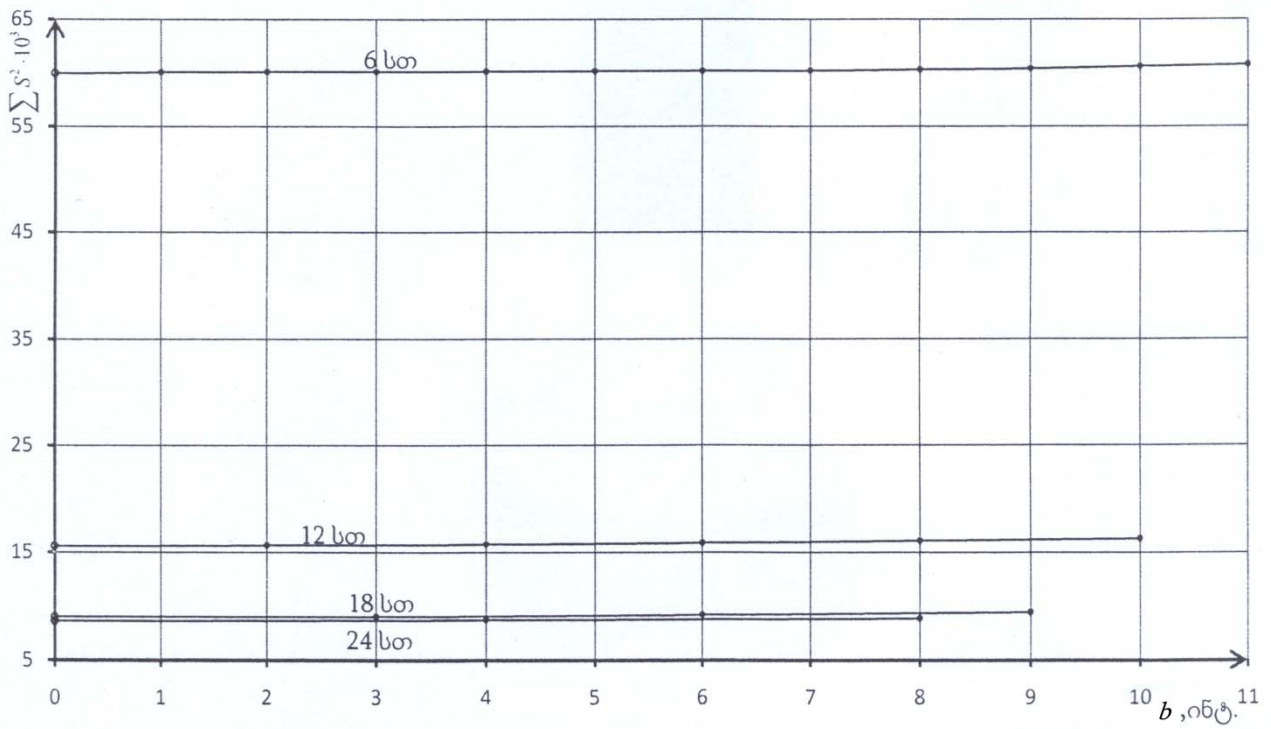
ნახ. 3. 2011–2013 წწ. დროითი რიგები. დახრმზომი მე-18 სექციაში



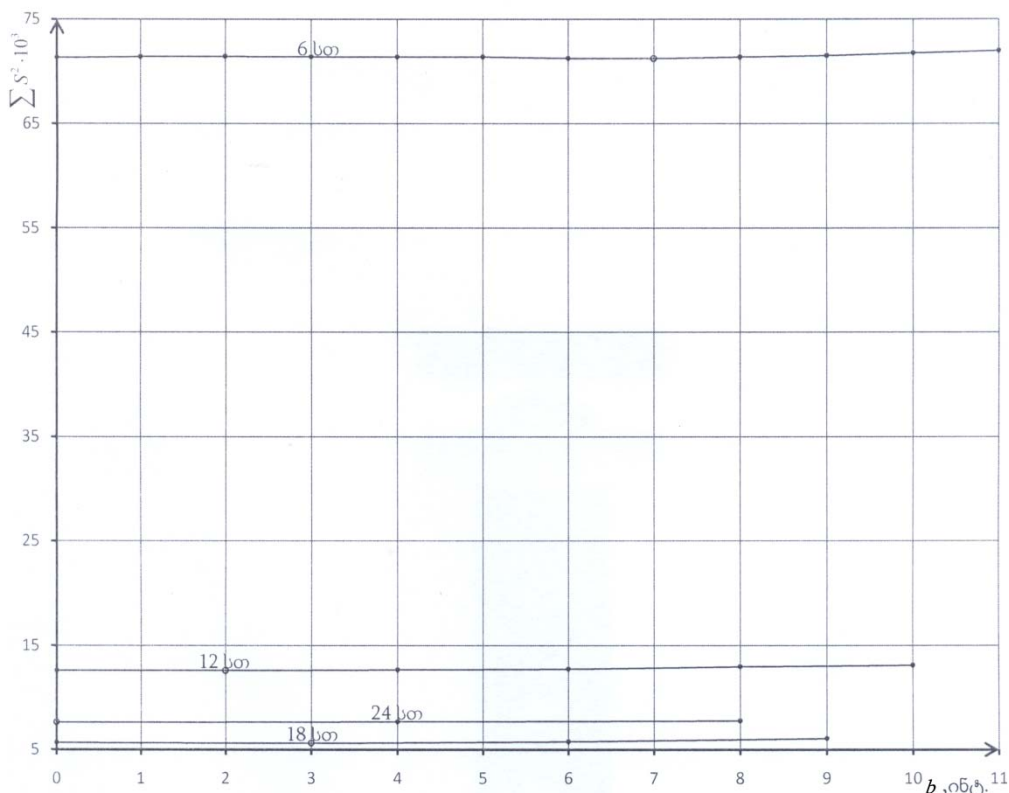
ნახ. 4. 2011–2013 წწ. დროითი რიგები. დახრმზომი 26-ე სექციაში



ნახ. 5. 2012–2013 წწ. დროითი რიგები. დახრმზომი მე-12 სექციაში



ნახ. 6. 2012–2013 წწ. დროითი რიგები. დახრმზომი მე-18 სექციაში



ნახ. 7. 2012–2013 წწ. დროითი რიგები. დახრმზომი 26-ე სექციაში

დასკვნა

კაშხლის რეაქციის დრო წყდ ცვლილებაზე სხვადასხვაინტერვალიანი დროითი რიგების მოდელების ანალიზის მიხედვით კაშხლის მარჯვენა მხარეს და ცენტრალურ ნაწილში მუდგენდება დაახლოებით ერთი დღე-ღამის, ხოლო მარცხენა მხარეს დაახლოებით 2–3 დღე-ღამის განმავლობაში.

დასკვნის სანდოობა დამოკიდებულია დროითი რიგების რეპრეზენტატულობაზე და სხვადასხვა ჰორიზონტზე განლაგებული დახრილობის გამზომ ხელსაწყოთა რაოდენობაზე.

პირველი დროითი რიგი (2001–2005 წწ.) რეპრეზენტატულია, მაგრამ წარმოდგენილია მხოლოდ ერთი დახრილობის გამზომით, რაც შეეხება მეორე (2011–2013 წწ.) და მესამე (2012–2013 წწ.) რიგებს, ისინი ნაკლებად რეპრეზენტატულია, თუმცა წარმოდგენილია ერთ ჰორიზონტზე განლაგებული სამი დახრილობის გამზომით.

ამ დროითი რიგებით მიღებული მოდელების დასკვნები, რაოდენობრივი თვალსაზრისით, შეიძლება ნაკლებ საიმედო იყოს, მაგრამ თვისებრივად არ ეწინააღმდეგება სად აზრსა და ლოგიკურობას. იგულისხმება კაშხლის მარჯვენა მხარესა და შუაში რეაქციის ხანმოკლე დრო, მარცხენა მხარესთან შედარებით. ამის ახსნა შეიძლება იმით, რომ მარჯვენა ნაპირზე გვაქვს გეოლოგიური ნასხლეტი, ხოლო მარცხენაზე – მდგრადი ქანები.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, საიმედო და დამაჯერებელი დასკვნების მისაღებად საჭიროა საანალიზოდ გექონდეს არანაკლებ ხუთი წლის მონაცემები (საყრდენი ინტერვალების რაოდენობა მეტი რომ იყოს 50-ზე) რამდენიმე ჰორიზონტზე განლაგებული არანაკლებ სამი დახრილობის გამზომი ხელსაწყოთი, რაც მიღებულ შედეგებს უფრო საიმედოს გახდის.

ლიტერატურა

1. T. Anderson. Statistical analysis of time series. M.: Mir, 1976. (In Russian).
2. J. Box, G. Jeninks. Analysis of time series. M.: Mir, 1974. (In Russian).
3. M.G. Kendall. Time Series – New York: Hefner, 1973. (In Russian).
4. R.L. Kashyap, A.R. Rao. Dynamic Stochastic Models from Empirical Data, 1983. (In Russian).
5. E. Hennan. Analysis of time series. M.: Nauka, 1964. (In Russian).
6. E. Hennan. Multivariate time series. M.: Mir, 1974. (In Russian).

UDC 519.242

SCOPUS CODE 2201

RESEARCHING THE TIME OF REACTION OF THE DAM TO THE WATER LEVEL CHANGE IN ENGURI HPS RESERVOIR

- M. Meskhi** Department of Engineering Geodesy and Geoinformatics, Georgian Technical University, 75 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: murmanmeskhi@gtu.ge
- S. Piralishvili** Department of Engineering Geodesy and Geoinformatics, Georgian Technical University, 75 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: geodezia@gtu.ge
- R. Inadze** Department of Engineering Geodesy and Geoinformatics, Georgian Technical University, 75 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: inadzesandro@gtu.ge

Reviewers:

- M. Kalabegishvili**, Expert of hydrotechnical structures of Engurhesi Ltd, Doctor of Technical Sciences, Professor
E-mail: kalabegishvili@hotmail.com
- A. Kikabidze**, Professor, Department of Engineering Geodesy and Geoinformatics, Faculty of Mining and Geology, GTU
E-mail: a-kikabidze@yahoo.com

ABSTRACT. This article discusses the research of dam reaction time to changes in the water level in Enguri HPP reservoir. Presented is the analysis of multiplier models established via discretization of actually existing empirical time series - level of water in reservoir and readings of the inclination measuring devices installed in various places within the dam body and aggregation of the new series with different intervals. The transfer function of time series with identification of input and output processes is obtained. It is noted that output process could be affected by exogenous, i.e. no-feedback factors, as well as other factors, which determine the behavior of output process, its reaction. It is emphasized that as criteria for determining the dam reaction time, applied is not a value of standard error, but rather the minimum value of the sum of squares of residual errors of models - the difference between actual time series terms and the same terms obtained through the model. This article also discusses the value of parameter to be entered into the model during the research of dam reaction delay time to the changes of water level in the reservoir for both – continuous dynamic system and discrete system cases. The probable value of reaction time in various parts of the dam is also established for Enguri HPP. It is recommended to increase representativeness of the time series for the purpose to develop more convincing conclusions.

KEY WORDS: aggregation; criteria; dam reaction; discretization; time series.

UDC 519.242

SCOPUS CODE 2201

ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕНИ РЕАКЦИИ ПЛОТИНЫ НА ИЗМЕНЕНИЕ УРОВНЯ ВОДЫ ВОДОХРАНИЛИЩА ИНГУРИГЭС

- Месхи М.А.** Департамент инженерной геодезии и геоинформатики, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 75
E-mail: murmanmeskhi@gtu.ge
- Пиралишвили С.Х.** Департамент инженерной геодезии и геоинформатики, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 75
E-mail: geodezia@gtu.ge
- Инадзе Р.В.** Департамент инженерной геодезии и геоинформатики, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 75
E-mail: inadzesandro@gtu.ge

Рецензенты:

М. Калабегшвили, эксперт гидротехнических сооружений ООО “Ингури ГЭС”, доктор технических наук, профессор

E-mail: kalabegishvili@hotmail.com

А. Кикабидзе, профессор Департамента инженерной геодезии и геоинформатики горно-геологического факультета ГТУ

E-mail: a-kikabidze@yahoo.com

АННОТАЦИЯ. Рассмотрен вопрос исследования времени реакции плотины на изменение уровня воды в водохранилище ИнгуриГЭС. Представлены: дискретизирование реально существующих эмпирических временных рядов - уровня воды в водохранилище и установленных в различных местах тела плотины показателей, измеряющих наклон приборов, и анализ новых полученных агрегированием рядов с различными интервалами мультипликаторного типа моделей. Получена передаточная функция временных рядов с идентификацией входных и выходных процессов. Следует отметить, что на выходной процесс могут влиять как экзогенные или без обратной связи, также и другие факторы, которые определяют поведение выходящих процессов, их реакцию. Подчеркнуто, что при определении времени реакции плотины критерием принято не значение стандартной погрешности, а минимальная величина суммы квадратов остаточных ошибок модели - разности между фактическими членами временного ряда и полученными из модели тех же членов. Рассмотрен вопрос времени реакции плотины, при изменении уровня воды в водохранилище, от значения входящего в модель параметра, как в случае непрерывной динамической системы, также и для дискретной системы. В условиях ИнгуриГЭС установлена вероятная величина времени реакции плотины в разных местах. Рекомендовано для получения более правдоподобных выводов увеличение репрезентативности временного ряда.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: агрегация; временной ряд; дискретизация; критерий; реакция плотины.

UDC 621.317.36

SCOPUS CODE 2210

DETERMINATION OF NATURAL FREQUENCIES OF CONNECTING RODS AS THE FRAME PARTS OF STAIR CLIMBER MACHINE

- D. Tavkheldize** Faculty of Agricultural Sciences and Biosystems Engineering, Georgian Technical University, 68^a M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: d.tavkheldize@gtu.ge
- M. Janikashvili** Adviser to the Rector, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: mikheiljanikashvili@gmail.com
- Z. Mchedlishvili** Department of Industrial Technological Machines and Mechatronics, Georgian Technical University, 68^a M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: z.mchedlishvili@gtu.ge

Reviewers:

- V. Kiria**, Associate Professor, Department of Industrial Technological Machines and Mechatronics, Faculty of Transportation and Mechanical Engineering, GTU
E-mail: v.kiria@mail.ru
- T. Mchedlishvili**, Professor, Department of Industrial Technological Machines and Mechatronics, Faculty of Transportation and Mechanical Engineering, GTU
E-mail: t.mchedlishvili@mail.ru

ABSTRACT. The given transaction is devoted to the determination of dynamic characteristics of the frame of invented stair climber platform for different purposes, in particular for disabled persons. Dynamic parameters of the device are calculated on the basis of dynamic rigidity method. Since the frame of the stair climber is built by side frames connected by means of bars, due to the heavy type of periodical workload, it is necessary to determine natural frequencies of the connecting rods as parts of the frame of the machine. These bars are assumed as the rods with elastic characteristics. Based on the here offered method the mathematical model is obtained, which gives the opportunity of determination not only the natural frequencies, but the modes of oscillation, as well and as the results of other dynamic parameters of the mechanical system.

KEY WORDS: natural frequency; settlement element; stair climbers; stiffness matrix and flexibility matrix.

INTRODUCTION

In order to provide facilities for the disabled persons to overcome different obstacles such as stairs in Georgian Technical University a stair climber with original scheme of frame has been invented. The mentioned mechanical system is depicted in the Fig 1.



Fig.1. Stair climber

As shown in the figure, the mechanical system comprises of the frame and different mechanical systems

with actuators and executive mechanisms. As a rule, the given mechanical system works under heavy type of periodical workload. It is well known that mechanical parameters of actuators are sensitively influenced on the dynamic behaviour of the whole mechanical systems. Here one of the main issues is determination of natural frequencies and modes of oscillation of the real schemes of machines, because determination of resonance regimes of work of executive mechanisms is one of the principal matters. Despite the multitude of methods and appropriate computer programs devoted to calculation of dynamic parameters of mechanical systems, it has to be emphasized that all these methods are based on the ideal model that would calculate the dynamic parameters very approximately, which is far from reality. On the basis of the dynamic rigidity method, the procedure of calculation of natural frequencies and modes of complicated mechanisms has been elaborated (see the references) with preliminary estimation of obtaining results in comparison with real systems. It is also necessary to add, that the obtained values of natural frequencies and modes of oscillation can be used for determination of optimum sizes of parts of the stair climber frame. It needs to be emphasized that the given construction of the platform of the stair climber would be used for other purposes such as automatic mountain mowing machine, automatic snow cleaner, etc.

The given mechanical system consists of different types of bars and construction elements with various types of junctions of adjacent links. For the purpose of proper design of multi link mechanical systems it is necessary to determine different dynamic parameters among which calculation of natural frequencies, modes

and strains of connecting rods with different schemes of binding their ends is a sufficiently difficult task.

Here, based on continuation of scientific works performed in the field of dynamic analysis (see the references) the method of determination of natural frequencies of the links as connecting rods is proposed. This method can be used not only in machine building, but also in civil engineering during calculations for different constructions.

MAIN PART

Consider the connecting rod with constant or changed cross sections, which is fixed by its ends by different types of cinematic pairs and has infinite degree of freedom. It is well known that determination of exact value of dynamic parameters of such structures is extremely sophisticated, for which, various approximate methods are widely utilized. In our case, the connecting rod, as the part of mechanical system, with infinite degree of freedom would be replaced by the elements with limited degree of freedom. The design model for simulation of such systems can be studied as n number of lumped masses connected by non-inertial elastic sections of rods, where the masses are located at the ends of these sections. The examples of different types of junctions of ends of connecting rods are given in Fig. 2, where the lumped masses are numbered from 1 to n , however the non-inertial sectors are numbered from 1 to $n-1$. In order to obtain the system's equations of motion, it is necessary to draw up the equation of motion of each mass and equation of deformation of each non-inertial sector.

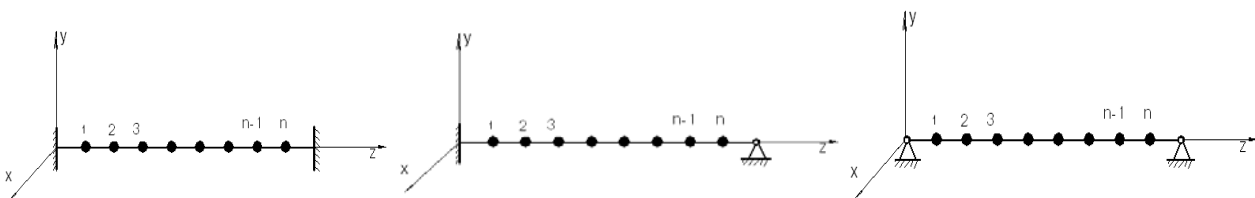


Fig. 2. Different types of junctions of ends of connecting rods.
a. Connecting rod rigidly fastened with both ends;
b. Connecting rod rigidly fastened with one end and hinge-rested with second end;
c. Hinge-rested with both ends.

A separate section of the rod placed between K and (K+1) masses represents a bar working for spatial bending. Fig. 3 shows such section subjected to bending in XZ and YZ inter-perpendicular planes.

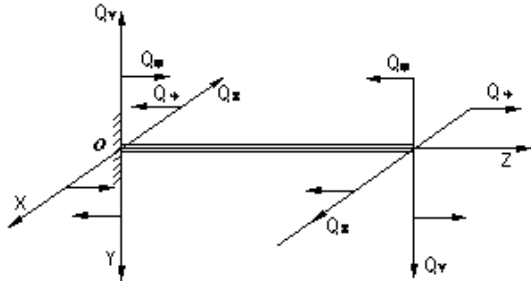


Fig. 3. View of separate section with forces and moments acting on its ends

When we consider the problem on bending of the mentioned section which is rigidly fastened with the left end and loaded with forces and moments on the ends, for XOZ plane we have:

$$\left. \begin{aligned} x &= \frac{l^3}{3EI} Q_x + \frac{l^2}{2EI} Q_{\psi} \\ \psi &= \frac{l^2}{2EI} Q_x + \frac{l}{EI} Q_{\psi} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} Q_x &= \frac{12EI}{l^3} x - \frac{6EI}{l^2} \psi \\ Q_{\psi} &= -\frac{6EI}{l^2} x + \frac{4EI}{l} \psi \end{aligned} \right\}$$

and for YOZ plane we have:

$$\left. \begin{aligned} y &= \frac{l^3}{3EI} Q_y - \frac{l^2}{2EI} Q_{\phi} \\ \phi &= -\frac{l^2}{2EI} Q_y + \frac{l}{EI} Q_{\phi} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} Q_y &= \frac{12EI}{l^3} y - \frac{6EI}{l^2} \phi \\ Q_{\phi} &= -\frac{6EI}{l^2} y + \frac{4EI}{l} \phi \end{aligned} \right\}$$

Basing on these formulas we can write equations connecting generalized forces applied to section ends (K, K+1) and their respective generalized displacements:

$$\left. \begin{aligned} -Q_{2k} &= Cq_k + B_1q_{k+1} \\ Q_{\phi} &= B_2q_k + Dq_{k+1} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Minus sign in the first formula means that according to

the accepted law of signs only $(-Q_{2k})$ and $(-Q_{2k+1})$ corresponds to displacements q_k and q_{k+1} .

$B_1 ; B_2 ; C ; D$; matrices represent fourth order rigidity matrices and in order to determine them we take $q_k=0$, i.e., section deformation in case it is fastened with the left end. For this case Q_{2k+1} forces are determined with the formula:

$$\begin{pmatrix} Q_{x,2k+1} \\ Q_{\psi,2k+1} \\ Q_{y,2k+1} \\ Q_{\phi,2k+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{12EI}{l^3} & \frac{6EI}{l^2} & 0 & 0 \\ \frac{6EI}{l^2} & \frac{4EI}{l} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{12EI}{l^3} & \frac{6EI}{l^2} \\ 0 & 0 & \frac{6EI}{l^2} & \frac{4EI}{l} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} x_{k+1} \\ \psi_{k+1} \\ y_{k+1} \\ \phi_{k+1} \end{pmatrix} \quad (4)$$

The $-Q_{2k}$ forces, which are equal to rigid fastening reactions, would be derived from the following equilibrium equations:

$$\left. \begin{aligned} -Q_{x,2k} &= Q_{x,2k+1} \\ -Q_{y,2k} &= Q_{y,2k+1} \\ -Q_{\psi,2k} &= Q_{\psi,2k+1} - lQ_{x,2k+1} \\ -Q_{\phi,2k} &= Q_{\phi,2k+1} - lQ_{y,2k+1} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Substituting (4) into (5) we get:

$$-Q_{2k} = B_1q_{k+1}; \quad -Q_{2k+1} = Dq_{k+1};$$

where:

$$B_1 = \begin{pmatrix} \frac{12EI}{l^3} & \frac{6EI}{l^2} & 0 & 0 \\ \frac{6EI}{l^2} & \frac{2EI}{l} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{12EI}{l^3} & -\frac{6EI}{l^2} \\ 0 & 0 & \frac{6EI}{l^2} & \frac{2EI}{l} \end{pmatrix}$$

$$D = \begin{pmatrix} \frac{12EI}{l^3} & \frac{6EI}{l^2} & 0 & 0 \\ \frac{6EI}{l^2} & \frac{4EI}{l} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{12EI}{l^3} & -\frac{6EI}{l^2} \\ 0 & 0 & \frac{6EI}{l^2} & \frac{4EI}{l} \end{pmatrix}$$

Similarly, if we assume that right end of rod is fastened we get matrices:

$$B_2 = B_1^T = \begin{vmatrix} -\frac{12EI}{l^3} & -\frac{6EI}{l^2} & 0 & 0 \\ \frac{6EI}{l^2} & \frac{2EI}{l} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{12EI}{l^3} & \frac{6EI}{l^2} \\ 0 & 0 & -\frac{6EI}{l^2} & \frac{2EI}{l} \end{vmatrix}$$

$$C = \begin{vmatrix} \frac{12EI}{l^3} & \frac{6EI}{l^2} & 0 & 0 \\ \frac{6EI}{l^2} & \frac{4EI}{l} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{12EI}{l^3} & \frac{6EI}{l^2} \\ 0 & 0 & \frac{6EI}{l^2} & -\frac{4EI}{l} \end{vmatrix}$$

In order to establish closed system of equation we just have to write equilibrium equations of lumped masses for amplitude states:

$$\begin{aligned} Q_{x;2k-1} - Q_{x;2k-2} &= -m_k x \omega^2 \\ Q_{\psi;2k-1} - Q_{\psi;2k-2} &= 0 \\ Q_{\varphi;2k-1} - Q_{\varphi;2k-2} &= 0 \\ Q_{y;2k-1} - Q_{y;2k-2} &= -m_k y \omega^2 \end{aligned} \quad (6)$$

here ω is natural frequency. The equation (6) can be represented in form of matrix:

$$Q_{2k} - Q_{2k-1} = H_k q_k \quad (7)$$

where

$$H_k = \begin{vmatrix} -m\omega^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -m\omega^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} \quad (8)$$

Matrix (8) is the stability matrix of lumped mass. If from equation (7) we exclude internal forces by the use of equation (1) and if we take into consideration the conditions of rigid fastening in the beginning and end of rod, in one case, and hinged fastening, in the other case, we have the systems of the following equations:

$$\begin{aligned} (C + H_2 + D')q_2 + Bq_3 &= 0 \\ B^T q_2 + (C + H_3 + D)q_3 + Bq_4 &= 0 \\ B^T q_3 + (C + H_4 + D)q_4 + Bq_5 &= 0 \\ B^T q_4 + (C + H_5 + D)q_5 + Bq_6 &= 0 \\ B^T q_6 + (C + H_7 + D)q_7 + Bq_8 &= 0 \\ B^T q_7 + (C + H_8 + D)q_8 + Bq_9 &= 0 \end{aligned} \quad (9)$$

$$B^T q_8 + (C + H_9 + D)q_9 = 0 \quad (10)$$

$$B^T q_{k-1} + (C + H_k + D)q_k + Bq_{k+1} = 0$$

where:

$$\begin{vmatrix} \frac{3EI}{l^3} & -\frac{3EI}{l^2} & 0 & 0 \\ \frac{3EI}{l^2} & \frac{3EI}{l} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{3EI}{l^3} & \frac{3EI}{l^2} \\ 0 & 0 & -\frac{3EI}{l^2} & \frac{3EI}{l} \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} x_{k+1} \\ \psi_{k+1} \\ y_{k+1} \\ \varphi_{k+1} \end{vmatrix}$$

$$D' = \begin{vmatrix} \frac{3EI}{l^3} & -\frac{3EI}{l^2} & 0 & 0 \\ \frac{3EI}{l^2} & \frac{3EI}{l} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{3EI}{l^3} & \frac{3EI}{l^2} \\ 0 & 0 & -\frac{3EI}{l^2} & \frac{3EI}{l} \end{vmatrix}$$

$$C' = \begin{vmatrix} \frac{3EI}{l^3} & \frac{3EI}{l^2} & 0 & 0 \\ \frac{3EI}{l^2} & \frac{3EI}{l} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{3EI}{l^3} & \frac{3EI}{l^2} \\ 0 & 0 & \frac{3EI}{l^2} & -\frac{3EI}{l} \end{vmatrix}$$

q_2, q_3, \dots, q_9 columns of (n-2) unknowns enter into (n-2) matrix equation system. If the determinant of the given equations system is equal to zero we get frequency equation from which we determine all values $\omega = \omega_1$ of natural frequency while if by substituting these frequencies we find non-zero solutions of equations we shall determine the respective ω_1 natural forms.

UDC 621.317.36
SCOPUS CODE 2210

კიბემაგალი მანქანის კორაჟის უმეამრთეველი ღეროების საკუთარი სიხშირეების განსაზღვრა

- დ. თავხელიძე** აგრარული მეცნიერებებისა და ბიოსისტემების ინჟინერიის ფაკულტეტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ა
E-mail: d.tavkhelidze@gtu.ge
- მ. ჯანიკაშვილი** რექტორის მრჩეველი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: mikheiljanikashvili@gmail.com
- ზ. მჭედლიშვილი** საწარმოო ტექნოლოგიური მანქანებისა და მექატრონიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ა
E-mail: z.mchedlishvili@gtu.ge

რეცენზენტები:

- ვ. ქირია**, სტუის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის საწარმოო ტექნოლოგიური მანქანებისა და მექატრონიკის დეპარტამენტის ასოცირებული პროფესორი
E-mail: v.kiria@mail.ru
- თ. მჭედლიშვილი**, სტუის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის საწარმოო ტექნოლოგიური მანქანებისა და მექატრონიკის დეპარტამენტის პროფესორი
E-mail: t.mchedlishvili@mail.ru

ანოტაცია: განხილულია კიბემაგლის კონსტრუქციის დინამიკური პარამეტრების განსაზღვრის მეთოდოლოგია, რისთვისაც გამოყენებულ იქნა დინამიკური სიხისტის მეთოდი. ნაშრომში შემოთავაზებულია ღეროების როგორც დანადგარის მეტალოკონსტრუქციის შემადგენელი ნაწილების საკუთარი სიხშირეების გაანგარიშება. ამოცანის ამოხსნისას გათვალისწინებულია ღეროების დრეკადი მახასიათებლები. მეთოდი იძლევა არა მარტო სისტემის საკუთარი სიხშირეების გაანგარიშების საშუალებას, არამედ საკუთარი ფორმებისა და სხვა დინამიკური მახასიათებლების განსაზღვრას.

საკვანძო სიტყვები: ბერკეტული მექანიზმები; დინამიკური სიხისტის მეთოდი; დინამიკური მახასიათებლები; კიბემაგალი; საკუთარი სიხშირეები; ღეროების დრეკადობის მახასიათებლები.

UDC 621.317.36
SCOPUS CODE 2210

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ СОЕДИНЯЮЩИХ СТЕРЖНЕЙ КОРПУСА ЛЕСТНИЦАХОДОВОЙ МАШИНЫ

- Тавхелидзе Д.Д.** Факультет аграрных наук и инженерии биосистем, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава 68^а
E-mail: d.tavkhelidze@gtu.ge
- Джаникашвили М.В.** советник ректора, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава 77
E-mail: mikheiljanikashvili@gmail.com
- Мchedlishvili З.Т.** Департамент производственно-технологических машин и мехатроники, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава 68^а
E-mail: z.mchedlishvili@gtu.ge

Рецензенты:

- В. Кириа**, ассоц. профессор Департамента производственно-технологических машин и мехатроники факультета транспорта и машиностроения ГТУ
E-mail: v.kiria@mail.ru
- Т. Мchedlishvili**, профессор Департамента производственно-технологических машин и мехатроники факультета транспорта и машиностроения ГТУ
E-mail: t.mchedlishvili@mail.ru

АННОТАЦИЯ. Рассмотрена технология определения динамических параметров конструкции лестницаходовой машины, для этого был использован метод динамической жесткости.

В работе предложена методология определения стержней, частей металлоконструкции установки.

При решении задачи были предусмотрены упругие характеристики стержней. Метод дает возможность не только рассчитать собственные частоты системы, но также собственные формы и другие динамические показатели.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: динамические показатели; лестницаход; метод динамической жесткости; рычажные механизмы; собственные частоты; характеристики упругости стержней.

UDC 621.733.548 : 521.974.82

SCOPUS CODE 2210

რადიალურ-საჭედი მანქანების ტექნოლოგიური შესაძლებლობები

მ. ბაკაშვილ-ანთელავა მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69

E-mail: mamukabaakashviliantelava@gmail.com

ს. მებონია მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69

E-mail: meboniaslava@mail.ru

რეცენზენტები:

ზ. ლომსაძე, სტუ-ის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტის პროფესორი

E-mail: z.lomsadze@gtu.ge

ს. იაშვილი, რ. დვალის მანქანათა მექანიკის ინსტიტუტის მეცნიერი თანამშრომელი, აკადემიური დოქტორი

E-mail: sulxaniashvili@yahoo.com

ანოტაცია: განხილულია რადიალურ-საჭედი მანქანების გამოყენების სფეროები. ნაჩვენებია, რომ რადიალური ჭედვის მეთოდი გამოიყენება მანქანათმშენებლობაში რთული ფორმის ღერძი-მეტრიული დეტალების დამუშავებისას, რომელთა დამზადება ლითონსაჭრელ ჩარხებზე არაეკონომიურია და დაკავშირებულია ლითონის მნიშვნელოვან დანაკარგთან ბურბუმელას სახით. ამ მეთოდს იყენებენ ასევე მეტალურგიაში, კერძოდ მიღების ცივად გლინვის საამქროებში, მიღნამზადების ადიდვის პროცესის მომზადებისათვის.

საკვანძო სიტყვები: რადიალური ჭედვა; რადიალურ-საჭედი მანქანა; ღერძი-მეტრიული დეტალი.

შესავალი

რადიალურ-საჭედ მანქანებზე ლითონების პლასტიკური დეფორმირების მეთოდის ფართო გამოყენება მნიშვნელოვანი პროგრესია ლითონების დამუშავების დარგში. რადიალური ჭედვის მეთოდი უზრუნველყოფს ლითონის ნაკეთობათა მაღალ სიზუსტეს, გამოირჩევა დიდი მწარმოებლურობით და ლითონის საგრძნობი ეკონომიით.

ძირითადი ნაწილი

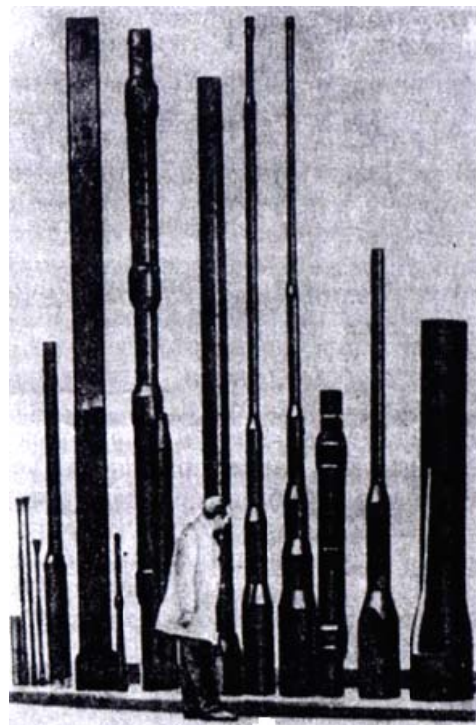
რადიალური ჭედვის მეთოდის გამოყენება განსაკუთრებით ხელსაყრელია მანქანათმშენებლობაში, კერძოდ ავტოტრაქტორმშენებლობაში, სანავთობე დანადგარების მშენებლობაში და მრავალ სხვა დარგში, რთული ფორმის ზომავრძელი ღერძი-მეტრიული დეტალების დამუშავებისათვის.

ეებისათვის. ასეთ დეტალებს მიეკუთვნება საფეხურებიანი ღილეები და ღერძები, კონუსური და შლიცებიანი (ღარებიანი) დეტალები. შიგა ზედაპირის რთული კონფიგურაციით გამოირჩევა ზომარქველი ღერძისმეტრიული დეტალების მრავალრიცხოვანი ჯგუფი (ნახ.1), რომელთა შორის შეიძლება გამოვყოთ ღერძისმეტრიული დეტალები შიგასაფეხურებიანი პროფილით, კერძოდ გარდამავალი მილისები, ნიპელები და საფეხურებიანი ქუროები; სიმეტრიული დეტალები მუდმივი განივკვეთის შიგა პროფილით, რომელთა ტიპური დეტალებია შლიციანი მილისები, ექვსწახნაგა და კვადრატულნახვრეტებიანი მილისები; ღერძისმეტრიული დეტალები შიგაკუთხვილიანი ან შიგასპირალურშლიცებიანი [1-3].

აღნიშნული დეტალების დამზადება მექანიკური დამუშავებით ლითონ-საჭრელ ჩარხებზე შრომატევადი და არაეკონომიურია, ვინაიდან ჭრით დამუშავების პროცესებს ახასიათებს ლითონის გამოყენების კოეფიციენტის შედარებით დაბალი მნიშვნელობა, რაც დაკავშირებულია ლითონის დანაკარგებთან ბურბუშელას სახით [4].

რადიალური ჭედვის მეთოდი, რომელიც მეტად ეფექტურია ზომარქველი ღერძისმეტრიული დეტალების დამუშავებისთვის უზრუნველყოფს ლითონის გამოყენების კოეფიციენტის მკვეთრ ზრდას, ნამზადების ჭედვის ტექნოლოგიური პროცესების სრულ მექანიზაციასა და ავტომატიზაციას, აგრეთვე შრომატევადობის შემცირებას. ამასთან, რადიალური ჭედვით მიღებულ ნაკეთობებს ახასიათებს ზომების და ზედაპირის სისუფთავის მაღალი სიზუსტე. ცხლად რადიალური ჭედვის შედეგად მიღებული დეტალების სიზუსტე მე-4, მე-5 კლასისაა, ხოლო სიმქისე – მე-5, მე-6 კლასის. ცივად დამუშავებისას სიზუსტის მაჩვენებელი უფრო მაღალია – მე-2, მე-3 კლასის, შესაბამისად ზედაპირის სისუფთავე უახლოვდება მე-9, მე-10 კლასს. ასეთი ხარისხობრივი მაჩვენებლები დამახასიათებელია სახარატო

დამუშავების პროცესისათვის. მაშასადამე, რადიალური ჭედვის მეთოდი საშუალებას იძლევა ლითონური ნაკეთობა მივიღოთ საბოლოო სახით.



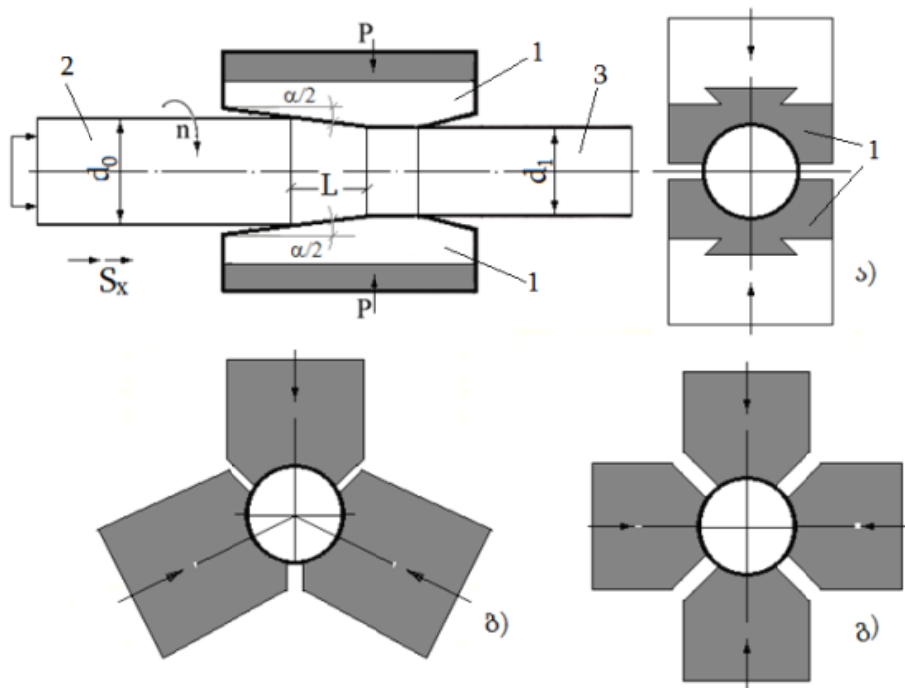
ნახ.1. რადიალური ჭედვის მეთოდით დამზადებული დეტალები

გარდა აღნიშნულისა, რადიალური ჭედვის მეთოდი უზრუნველყოფს ლითონის სტრუქტურისა და მექანიკური თვისებების გაუმჯობესებას. დატვირთვის პულსაციური ხასიათი, რომელიც დამახასიათებელია რადიალური ჭედვისათვის,

უზრუნველყოფს ლითონის პლასტიკურობის რესურსის სრულ გამოყენებას, მადეფორმირებელი ძალების შემცირებას, რაც საშუალებას გვაძლევს ვაწარმოოთ დეტალები დაბალი პლასტიკურობის მქონე ძნელად დეფორმირებადი ლეგირებული ფოლადებისა და შენადნობებისაგან.

რადიალური ჭედვის პროცესი მდგომარეობს ნამზადის დეფორმირებაში მისი სიგრძის შეღარებით მცირე უბანზე მადეფორმირებელი ინსტრუმენტის – საცემლების პერიოდული დარტყმებით (საცემლების დარტყმების სიხშირე, მანქანის ტიპიდან გამომდინარე, მერყეობს ფართო ფარგლებში – 400-დან 2000-მდე). მადეფორმირებელი ძალა მიმართულია ნამზადის რადიუსის გასწვრივ, ამასთან ლითონზე ზემოქმედება ხდება რამდენიმე მხრიდან (ნახ.2).

რებით მცირე უბანზე მადეფორმირებელი ინსტრუმენტის – საცემლების პერიოდული დარტყმებით (საცემლების დარტყმების სიხშირე, მანქანის ტიპიდან გამომდინარე, მერყეობს ფართო ფარგლებში – 400-დან 2000-მდე). მადეფორმირებელი ძალა მიმართულია ნამზადის რადიუსის გასწვრივ, ამასთან ლითონზე ზემოქმედება ხდება რამდენიმე მხრიდან (ნახ.2).



ნახ. 2. რადიალური ჭედვის პროცესის სქემა

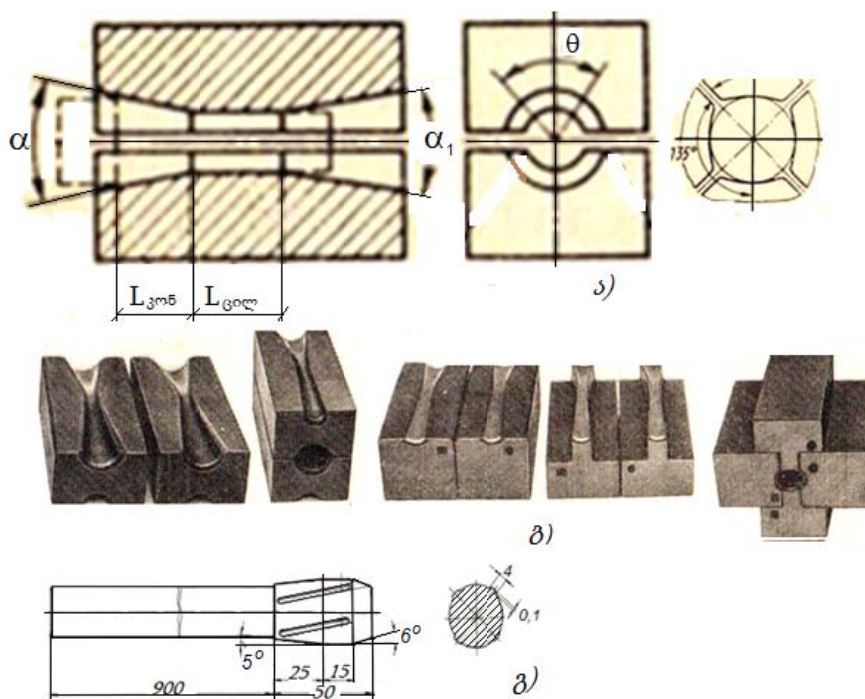
ა - ჭედვა ორი საცემლით; ბ - ჭედვა სამი საცემლით;

გ - ჭედვა ოთხი საცემლით. 1. საცემლები; 2. ნამზადი; 3. ნაჭედი

რადიალური ჭედვის პროცესში გამოიყენება მარტივი ფორმის ინსტრუმენტი, რომლის დამზადება არ მოითხოვს დიდ დანახარჯს, რაც უსათუოდ კიდევ უფრო ზრდის ამ მეთოდის უპირატესობას ლითონების წნევით დამუშავების სხვა მეთოდებთან შედარებით. მე-3 ნახ-ზე მოცემულია რადიალურ-საჭედი მანქანების ძირითადი ინსტრუმენტი: საცემლები და სამართული [4].

რადიალური ჭედვის პროცესი წარმოებს სხვადასხვა კონსტრუქციის რადიალურ-საჭედ მანქანებზე. არსებობს რადიალურ-საჭედი მანქანების სამი ჯგუფი [5]: 1) გორგოლაჭიანი; 2) ბერკეტული; 3) ბარბაციანი.

გორგოლაჭიანი მანქანები კონსტრუქციულად ძალიან მიახლოებულია როტაციულ-საჭედ მანქანებთან.



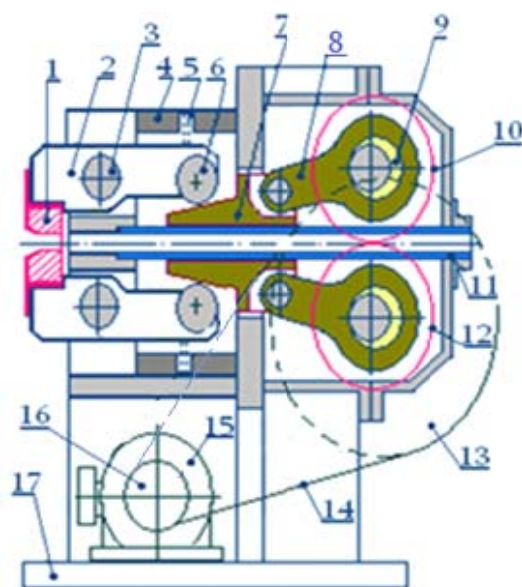
ნახ.3. რადიალური საჭედი მანქანების ინსტრუმენტი:
 ა - საცემლების სქემა; ბ - საცემლების ფოტო; გ - სამართული

ბერკეტულ მანქანებში საცემლებს მოძრაობა გადაეცემა ბერკეტების მეშვეობით. ბერკეტები კინემატიკურ კავშირშია ექსცენტრულ ლილვთან, რომელიც მოძრაობას გადასცემს ბერკეტებს, რომლებზეც საცემლებია დამაგრებული.

ბარბაციან მანქანებს რამდენიმე სამჭედლო მექანიზმი აქვს, რომლებიც განლაგებულია რადიალურად მანქანის ღერძის მიმართ, ასევე ოთხი საცემელი (1), რომლებიც მოქმედებაში მოდის მრუდმხარა-ბარბაცა მექანიზმებით. დამუშავების პროცესში ნამზადი განიცდის ძალოვან ზემოქმედებას ოთხივე მხრიდან, რადიალური მიმართულებით.

ყველაზე მარტივი და დასამზადებლად ხელსაყრელია ბერკეტული რადიალურ-საჭედი მანქანები.

მე-4 ნახაზზე წარმოდგენილია სოლურ-ბერკეტული ტიპის რადიალურ-საჭედი მანქანის [6-8] კინემატიკური სქემა.



ნახ.4. სოლურ-ბერკეტული ტიპის მანქანის სქემა

მანქანა შეიცავს კორპუსს (4), რომლის ღერძებზე (3) დაყენებულია ორმხრივი ბერკეტები (2) (სულ მანქანას აქვს ოთხი ბერკეტი – საცემლე-

ბით), რომელთა ერთ ბოლოზე დამაგრებულია საცემლები (1), მეორეზე – გორგოლაჭები (6). ბერკეტების ამავე მხარეს მოქმედებს ზამბარა (5), რომელიც უზრუნველყოფს გორგოლაჭის მუდმივ მიჭერას სოლური ცოციას (7) ზედაპირთან. ცოცია მოძრაობს ცილინდრულ მიმმართველზე (11), მოძრაობაში მოდის ბარბაცების (8), ექსცენტრული ლილვების (9) (მრუდმხარა) და შკივ-მქნევარას (13) მეშვეობით. შკივ-მქნევარა ღვედური გადაცემით (14) უერთდება წამყვან შკივს (16), რომელიც დამაგრებულია ელექტროძრავაზე (15).

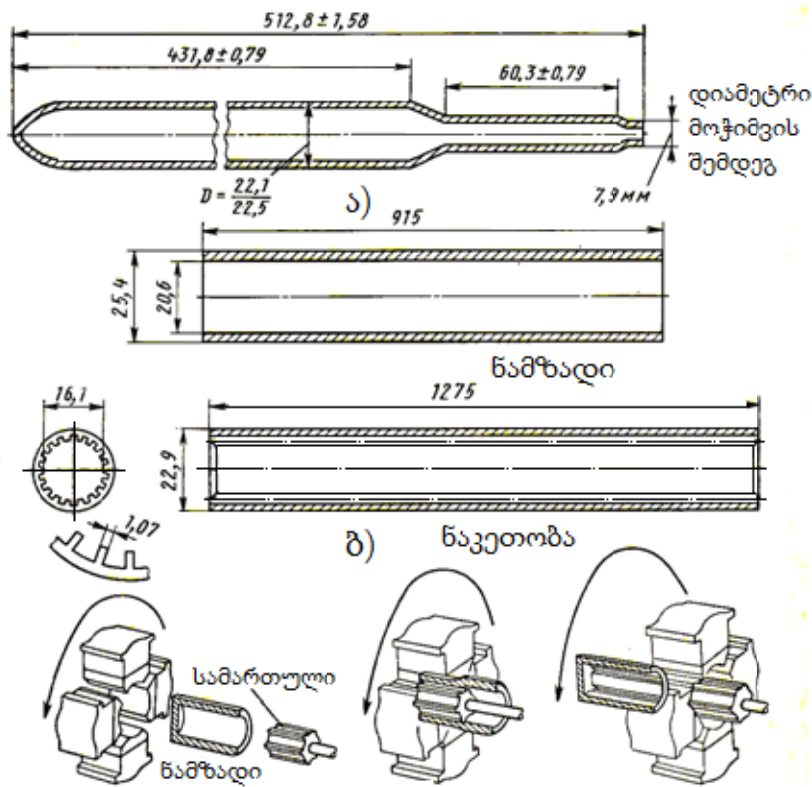
მანქანა მუშაობს შემდეგი პრინციპით: ელექტროძრავას, შკივის, ღვედური გადაცემის, შკივ-მქნევარას მეშვეობით ბრუნვაში მოდის ექსცენტრიკები, რომლებიც ბარბაცების გამოყენებით უკუქცევით-წინსვლით მოძრაობას ანიჭებს სო-

ლურ ცოციას. ამ უკანასკნელს მოჰყავს საცემლებიანი ბერკეტები რხევით მოძრაობაში. საცემელი მოქმედებს ნამზადზე და ახდენს ლითონის პლასტიკურ დეფორმაციას.

მანქანას ახასიათებს ფუნქციონირების მაღალი საიმედოობა, შემადგენელი ელემენტების ხანგრძლივობა, მდოვრე მუშაობა და დაბალი ხმაური, რაც მანქანის კონსტრუქციული სქემითაა განპირობებული.

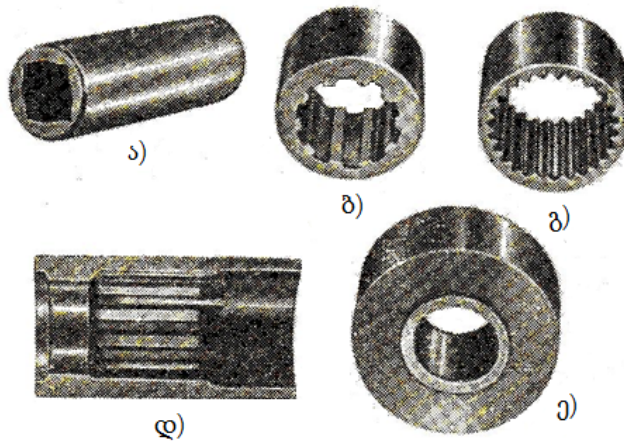
რადიალურ-საჭედი მანქანები, ტექნოლოგიური შესაძლებლობებიდან გამომდინარე, ფართოდ გამოიყენება მანქანათმშენებლობაში. აღნიშნულის საილუსტრაციოდ ქვემოთ მოგვყავს სხვადასხვა სპეციფიკური დეტალების ესკიზები, რომლებიც რადიალური ჭედვითაა მიღებული:

ა) როტაციული ჭედვით მიღებული ნაკეთობები

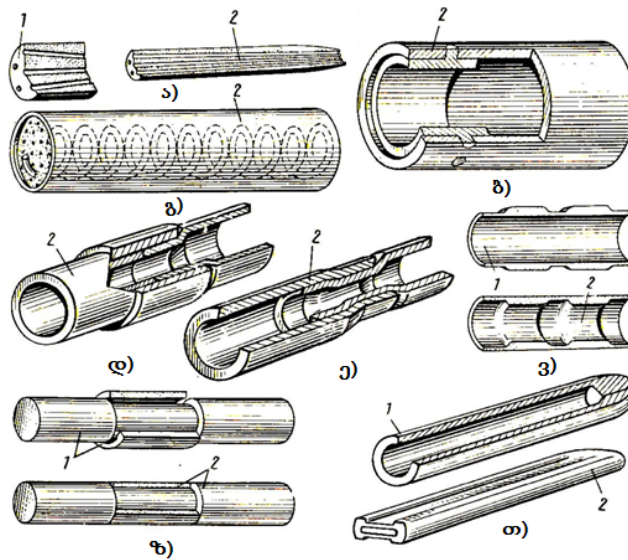


ა) თერმორეგულატორის კოლბა; ბ) - თბოგადამცემის მილი

ბ) რთული კონფიგურაციის შიგაზედაპირიანი დეტალები



ა - ოსცილატორის კორპუსი; ბ, გ - შლიციანი ქუროები; დ - კარდანის ლილვის შლიცები; ე - მიტკეცილი ნაკეთობა



ა - აირით შედუღების აპარატების ბუნიკი; ბ - ბიმეტალური მილისა; გ - გამათბობელი ელემენტი; დ,ე - მილისების შეერთებები; ვ - რთული კონფიგურაციის შიგაზედაპირიანი მილისა; ზ - მილის მიტკეცვა; თ - რთული ფორმის დეტალი, მიღებული მარტივი ფორმის ნამზადიდან

დასკვნა

რადიალურ-საჭედ მანქანებზე მიიღება მანქანათმშენებლობაში გამოყენებული რთული ფორმის ღერძსიმეტრიული დეტალების ფართო ნომენკლატურა. რადიალური ჭედვით მიღებულ ნაკეთობებს ახასიათებს ზომების მაღალი სიზუსტე და ზედაპირის სისუფთავე.

რადიალური ჭედვის მეთოდი, რომელიც მეტად ეფექტურია ზომავრძელი ღერძსიმეტრიული დეტალების დამუშავებისთვის, უზრუნველყოფს ლითონის გამოყენების კოეფიციენტის ამაღლებას და ლითონის ეკონომიას.

ლიტერატურა

1. V. Tyurin, V. Lazorkin, I. Pospelov, H. Flakhovsky. Forging on the radial-blooming machines. M.: Mashinostr., 1990, pp.3-31. (In Rashen).
2. V. Devyatov. Low-waste technology of processing of metals pressure. M.: Mashinostr., 1986.- 171 p. (In Rashen).
3. E. Savinov. Technological and design features of radial-blooming machines and prospect of their development. KShP, No. 10,1981.S.61-64. (In Rashen).
4. Yu. Radyuchenko. Rotational forging. M.: Mashinostr., 1972.- 148 p. (In Rashen).
5. Yu. Radyuchenko. Rotational forging, processing of details on rotation and radial- blooming machines. M.: Mashgiz, 1962.- 187 p. (In Rashen).
6. S. Mebonia, S. Katamadze, M. Mikautadze. Machines for radial forging of lengthy products. Theory and practice of metallurgy, №. 1-2, Dnepropetrovsk, 2009, pp.143-145. (In Rashen).
7. S. Mebonia, T. Natriashvili, M. Mikautadze. Development of devices for radial forging of lengthy axis symmetric products with complex configuration of inner surface. Tr. "Treatment metals by pressure", №.2 (27), Kramatorsk, 2011, Ukraine, pp.121-125. (In Rashen).
8. S. Mebonia, D. Nizharadze, P. Mshvildadze. The radial-blooming machine for receiving of lengthy axis symmetric products. Works of scientific-technical conference. Israel, 1912, pp. 43-45. (In Rashen).

UDC 621.733.548 : 521.974.82

SCOPUS CODE 2210

TECNOLOGICAL POSIBILITIES OF RADIAL - FORGING MACHINES

- M. Baakashvili-Antelava** Department of Metallurgy, Materials Science and Metal Processing, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: mamukabaakashviliantelava@gmail.com
- S. Mebonia** Department of Metallurgy, Materials Science and Metal Processing, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: meboniaslava@mail.ru

Reviewers:

- Z. Lomsadze**, Professor, Department of Metallurgy, Materials Science and Metals Processing, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, GTU
E-mail: z.lomsadze@gtu.ge
- S. Iashvili**, Academic Doctor Research Associate at R. Dvali Institute of Machine Mechanics
E-mail: sulxaniashvili@yahoo.com

ABSTRACT. This article discusses the scopes of application of radial-forging machines and shows that the method of radial forging is applied in mechanical engineering to the processing of axis symmetric details with complex shapes, production of which on metal-cutting machines is uneconomical and results in considerable losses of metal on shaving. It is noted that this method is applied in metallurgy as well, specifically in the shops of cold rolling of tubes to forging of tube preparations before drawing.

KEY WORDS: axis symmetric details; radial forging; radial-forging machine.

UDC 621.733.548 : 521.974.82

SCOPUS CODE 2210

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РАДИАЛЬНО-ОБЖИМНЫХ МАШИН

Баакашвили-Антелава М.В. Департамент металлургии, материаловедения и обработки металлов, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 69
E-mail: mamukabaakashviliantelava@gmail.com

Мебония С.А. Департамент металлургии, материаловедения и обработки металлов, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 69
E-mail: meboniaslava@mail.ru

Рецензенты:

З. Ломсадзе, профессор Департамента, металлургии, материаловедения и обработки металлов, факультета химической технологии и металлургии ГТУ

E-mail: z.lomsadze@gtu.ge

С. Иашвили, научный сотрудник, академич. доктор Института механики машин им. Р. Двали.

E-mail: sulxaniashvili@yahoo.com

АННОТАЦИЯ. Рассмотрены сферы применения радиально-ковочных машин. Показано, что метод радиальнойковки применяется в машиностроении для обработки осесимметричных деталей сложной формы, изготовление которых на металлорежущих станках неэкономично и связано со значительными потерями металла на стружку. Отмечено, что этот метод применяется также и в металлургии, в частности, цехах холодной прокатки труб для заковки трубных заготовок перед волочением.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: радиальнаяковка; радиально-ковочная машина; осесимметричные детали.

UDC 624:693.54

SCOPUS CODE 2501

ნანოდისპერსიული ნატრიუმის სილიკატის კომპოზიციურ მჭიდრაზე დამზადებული მხურვალმედები ბეტონი

თ. ესაძე სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის ტექნოლოგიისა და საშენი მასალების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ბ

E-mail: e.tamar@mail.ru

ხ. ლეჟავა სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის ტექნოლოგიისა და საშენი მასალების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ბ

E-mail: kh.lejava@gtu.ge

რეცენზენტები:

ზ. ჯარუმიძე, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის ტექნოლოგიისა და საშენი მასალების დეპარტამენტის აკადემიური დოქტორი

E-mail: zkarumidze@yahoo.com

ა. ჩიქოვანი, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის ტექნოლოგიისა და საშენი მასალების დეპარტამენტის აკადემიური დოქტორი

E-mail: achikovani@gtu.ge

ანოტაცია: ნანოცეცხლგამძლე მასალების წარმოების ერთ-ერთი მაღალგანვითარებული ტექნოლოგია ნანოტექნოლოგიაა, რომელიც ცეცხლგამძლე მასალების წარმოების განვითარების საწყის ეტაპზეა. ნანოდისპერსიული ნატრიუმის პოლისილიკატურ შემკვრელზე დამზადებულმა მხურვალმედებმა ბეტონებმა თვისებების მნიშვნელოვნად მაღალი მაჩვენებლები გამოავლინა, ჩვეულებრივ მხურვალმედებ ბეტონებთან შედარებით, რომლებიც დამზადებულია სილიკატნატრიუმთან მჭიდრაზე.

ეს იმით აიხსნება, რომ ნატრიუმის სილიკატის ნაცვლად ნანოდისპერსიული ნატრიუმის პოლისილიკატურ შემკვრელზე დამზადებულ

მხურვალმედებ ბეტონში მცირდება ტუტეოქსიდის (Na_2O) ადვილდნობადი შემადგენლის შემცველობა, შესაბამისად იზრდება ბეტონის საექსპლუატაციო თვისებები: თერმული მდგრადობა, გამოყენების ტემპერატურა, კოროზიული მდგრადობა და სხვა.

საკვანძო სიტყვები: ელექტროდნობადი კორუნდი; ნანოდისპერსიული ნატრიუმის პოლისილიკატი; სილიკატური მოდული; ტუტეოქსიდი (Na_2O).

შესავალი

მაღალეფექტური ცეცხლგამძლე მასალების, მათ შორის ახალი თაობის მხურვალმედები ბე-

ტონების წარმოება შესაძლებელია თანამედროვე სამეცნიერო და მაღალგანვითარებული ტექნოლოგიების ბაზაზე, რაც განაპირობებს პროდუქციის მაღალ ხარისხს, მის ეკოლოგიურ უსაფრთხოებას, ნედლეულის ეფექტურ გამოყენებას და რესურსების ეკონომიას.

ნანოცეცხლგამძლე მასალების წარმოების ერთ-ერთი მაღალგანვითარებული ტექნოლოგია ნანოტექნოლოგიაა, რომელიც ცეცხლგამძლე მასალების წარმოების განვითარების საწყის ეტაპზეა. გამოყოფენ ნანომასალების შემდეგ ტიპებს: ნანოფორიანი სტრუქტურები, ნანონაწილაკები, ნანომილაკები, ნანობოჭკოები, ნანოდისპერსიული (კოლოიდური) ხსნარები, ნანოსტრუქტურული ზედაპირები და ფენები, ნანოკრისტალები და ნანოკლასტრები.

მრავალრიცხოვანი კვლევების შედეგებმა, რომლებიც მიმართულია მსურვალმედეგი მჭიდისა და ბეტონების მისაღებად ტუტესილიკატურ სისტემებზე (თხევადი მინა, უწყლო სილიკატ-ნატრიუმი, პოლისილიკატები), შესაძლებელი გახდა მსურვალმედეგი კომპოზიციური შემკვრელების შექმნა განსხვავებული ბუნების წვრილდისპერსიული ცეცხლგამძლე შემესებებით, ნანოდისპერსიული (კოლოიდური) შემკვრელებით და ნატრიუმის პოლისილიკატით.

ძირითადი განსხვავება პოლისილიკატებს, თხევად მინებსა და მაღალტუტეშემცველ სილიკატურ სისტემებს შორის მათი პოლიმერული ფორმაა, რომელიც შეიცავს 60% და მეტს კაჟმიწის საერთო რაოდენობიდან, რაც უზრუნველყოფს წარმოქმნილი გელების სტრუქტურების მაღალ სიმტკიცეს.

პოლისილიკატები გამოირჩევა უნიკალური შემაკავშირებელი თვისებებით, რაც მათი ფართო გამოყენების საშუალებას იძლევა სხვადასხვა მიზნობრივი დანიშნულების კომპოზიციებში. პოლისილიკატების გამოყენება მწევა კომპოზიციებში მასალებს ანიჭებს მაღალ

წყალმედეგობას და აუმჯობესებს ცეცხლგამძლე მასალების თერმულ მდგრადობას. მათი გამოყენებით, შესაძლებელი გახდა მსურვალმედეგი კომპოზიციური შემკვრელისა და მის საფუძველზე ბეტონის მიღება.

ძირითადი ნაწილი

კვლევებში ტუტემეტალის სილიკატის სახით გამოიყენება უწყლო ნატრიუმის სილიკატი. ნატრიუმის პოლისილიკატი 6–6,5 სილიკატური მოდულით მიიღეს უწყლო ნატრიუმის სილიკატისა და სილიციუმის დიოქსიდის ჰიდროზოლის 30%-იანი წყალხსნარის ურთიერთქმედებით 70–90°C ტემპრატურაზე, არაუმეტეს 0,5სთ-ის დაყოფებისას. ცეცხლგამძლე შემესებისა და წვრილად დაფქული დანამატის სახით გამოყენებული იყო ელექტროდნობადი კორუნდი შემდეგი ქიმიური შედგენილობით (%): Al₂O₃ - 98,11...98,79; SiO₂ - 0,13...0,15; Fe₂O₃ - 0,58...1,01; Na₂O - 0,27...0,45. მასხისათებლებია: ცეცხლგამძლეობა – 2050°C, წრფივი გაფართოების კოეფიციენტი – 8...10×10–6, სიმკვრივე – 3,8...3,92გ/სმ³. გამოირჩევა ქიმიური მდგრადობით, ინერტულობით და ა.შ. მინერალური შედგენილობის მიხედვით ელექტროკორუნდი ძირითადად წარმოდგენილია Al₂O₃ სახით. ბოქსიტი ნაკლები რკინის შემცველობით კი წარმოადგენს მთის ქანს, რომელიც შეიცავს ალუმინის ჰიდროქსიდის მინერალებს და განკუთვნილია ცეცხლგამძლე ნაკეთობების წარმოებისათვის. ის ხასიათდება შემდეგი ქიმიური შედგენილობით: Al₂O₃ - მასითი წილი არანაკლებ 60-ისა; Fe₂O₃ - არაუმეტეს 2,6-ისა; TiO₂ - არაუმეტეს 4,5-ისა; CaO და MgO - არაუმეტეს 0,9-ისა; Na₂O და K₂O - არაუმეტეს 0,8-ისა; ტენიანობა – არაუმეტეს 20%-ისა. ნატეხების სიდიდე – 500 მმ-მდე.

კორუნდის ბეტონის ნარევეს 80:20 ოპტიმალური პროცენტული მასითი შედგენილობით (კორუნდი – შემავსებელი; ნატრიუმის პოლისილი-

კატი – კომპოზიციური შემკვრელი) ამზადებენ შემდეგი თანამიმდევრობით. ჯერ წვრილად დაფქულ ბოქსიტს $S_{კუთ}=3000\text{სმ}^2/\text{გ}$ -მდე კუთრი ზედაპირით ურევენ ნატრიუმის წყალხსნარს მაღალი სინქარის ლაბორატორიულ ამრევში ბოქსიტპოლინატრიუმიანი კომპოზიციური შემკვრელის სუსპენზიის მიღებამდე, შემდეგ მიღებულ სუსპენზიაში შეჰყავთ წვრილმარცვლოვანი შემესე-

ბები და ურევენ 4–5 წუთის განმავლობაში ერთგვაროვანი ბეტონის მასის მიღებამდე. განყალიბებული ნიმუშების გამყარება მიმდინარეობს საშრობ კარადაში $180\text{--}200^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურაზე.

ნანოდისპერსიული ნატრიუმის პოლისილიკატურ შემკვრელზე დამზადებული კორუნდიანი მსურვალმედეგი ბეტონის ძირითადი თვისებების შედარებითი მაჩვენებლები მოცემულია ცხრილში.

თვისებების მაჩვენებლები	ბეტონი	
	სილიკატნატრიუმიან კომპოზიციურ შემკვრელზე	ნანოდისპერსიულ ნატრიუმის პოლისილიკატის კომპოზიციურ შემკვრელზე
გამოყენების მაქსიმალური ტემპერატურა ცალმხრივი გახურებისას ($^{\circ}\text{C}$)	1800	1950
სიმტკიცის ზღვარი კუმშვისას გამოწვის მაქსიმალურ ტემპერატურაზე (მგპა)	31-37	40-45
სიმკვრივე 200°C გამოშრობის შემდეგ (გ/სმ ³)	2,90-2,95	2,95-3
ფორიანობა 200°C გამოშრობის შემდეგ (%)	18-19	16-17
წრფივი ჯდენა მაქსიმალურ ტემპერატურაზე გამოწვის შემდეგ (%)	0,25	+0,20
თბოგამტარობა 1200°C ტემპერატურაზე	1,32	1,1
დეფორმაციის დაწყების საწყისი ტემპერატურა მიტვირთვისას 0,2 მგპა ($^{\circ}\text{C}$)	1680	1840

აქედან გამომდინარე, კომპოზიციურ შემკვრელზე დამზადებულ კორუნდულ მსურვალმედეგ ბეტონს, სილიკატნატრიუმიან კომპოზიციურ შემკვრელზე დამზადებულ ანალოგიური დანიშნულების ბეტონებთან შედარებით, აქვს მნიშვნელოვნად მაღალი თერმომდგრადობის მაჩვენებლები; დეფორმაციების საწყისი ტემპერატურები 0,2 მგპა-ის მიტვირთვისას და ა.შ.

ეს იმით აისხნება, რომ ნატრიუმის სილიკატის ნაცვლად ნანოდისპერსიული ნატრიუმის პო-

ლისილიკატის შემკვრელზე დამზადებულ მსურვალმედეგ ბეტონში მცირდება ტუტეოქსიდის (Na_2O) ადვილდნობადი შემადგენლის შემცველობა, შესაბამისად იზრდება ბეტონის ცეცხლგამძლეობა. გარდა ამისა, შემკვრელის განმსაზღვრელი თვისებები აქ ხარისხობრივი და რაოდენობრივი ცვლილებებია, რომელიც ხდება მის შედგენილობაში მაღალი ტემპერატურების მოქმედებისას, რაც დასტურდება კომპოზიციური შემკვრელის რენტგენოსტრუქტურული ანალიზით.

დასკვნა

ჩატარებული კვლევების საფუძველზე მიღებულია მაღალცეცხლგამძლე ნანოსტრუქტურული კორუნდის მხურვალმედეგი ბეტონი, რომელშიც შემკვრელად გამოყენებულია ნანოსტრუქტურული ნატრიუმის პოლისილიკატი.

ამ კვლევების სამეცნიერო-პრაქტიკული საფუძველია ის, რომ პოლისილიკატის ხსნარები, ზოლის ნაწილაკებთან ერთად, შეიცავს მონომერებს, ოლიგომერებს და კაუმიწის პოლიმერულ სახესხვაობებს, რომლებიც ხელს უწყობს ამ უკანასკნელის მაღალი რეაქციული თვისებების გამოვლენას სხვადასხვა კომპოზიციურ შედგენილობებში. ამიტომ, ნანოდისპერსიული ნატრიუმის პოლისილიკატის კომპოზიციურ შემ-

კვრელზე დამზადებულ კორუნდული ბეტონის სტრუქტურაში გამამთლიანებელი ახალწარმონაქმნების ფორმირება პრინციპულად განსხვავდება ნატრიუმის სილიკატის შემკვრელი აფსკისგან და ხასიათდება მაღალი წყალმედეგობით, თერმომდგრადობით და გამოყენების მაღალი ტემპერატურით, რაც განპირობებულია ტუტეკომპონენტის (Na_2O) ადვილდნობადი შემადგენლის დაბალი შემცველობით შემკვრელში.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, შეიძლება ვივარაუდოთ ნანოსტრუქტურული ნატრიუმის პოლისილიკატის როგორც შემკვრელის გამოყენება სხვა მხურვალმედეგი კომპოზიციური შემკვრელების და ბეტონების მისაღებად სხვადასხვა ცეცხლგამძლე ნივთიერებების ბაზაზე.

ლიტერატურა

1. Y. Tretyakov, M. Fozmat. Nanotechnologies: The alphabet for everyone. 2008, pp. 350-370. (In Russian).
2. A. Tarasova. Heat-resistant matrix on liquid glass and concretes on its base. M., pp. 130-135, 1982. (In Russian).
3. B. Toturbiev. Construction materials on base of the silicate-natrium composition. M.: pp. 200-208. 1988. (In Russian).
4. A. Toturbiev. Study of the adhesive capacity of the composition matrix on natrium polysilicate, Industrial and Civil Engineering. 2012, pp. 50-60. (In Russian).
5. A. Toturbiev. Corundum heat-resistant concrete with increased service property Concrete and Reinforcement Concrete M., 2006, 10-15p. (In Russian).

UDC 624:693.54
SCOPUS CODE 2501

HEAT-RESISTANT CONCRETE PRODUCED ON NANO-DISPERSION NATRIUM SILICATE COMPOSITE COHESIVE MATERIAL

T. Esadze Department of Civil and Industrial Engineering Technology and Building Materials, Georgian Technical University, 68^b M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: e.tamar@mail.ru

Kh. Lejava Department of Civil and Industrial Engineering Technology and Building Materials, Georgian Technical University, 68^b M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: kh.lejava@gtu.ge

Reviewers:

Z. Karumidze, Academic Doctor, Department of Civil and Industrial Engineering Technology and Building Materials, Faculty of Civil Engineering, GTU
E-mail: zkarumidze@yahoo.com

A. Chikovani, Academic Doctor, Department of Civil and Industrial Engineering Technology and Building Materials, Faculty of Civil Engineering, GTU
E-mail: achikovani@gtu.ge

ABSTRACT. One of the highly developed technologies for production of nano-refractory materials is nanotechnology which is in the starting stages of development with respect to refractory materials.

Heat-resistant concrete produced with cohesive material – nano-dispersion natrium polysilicate, shows high operational properties in comparison with ordinary heat-resistant concrete, produced with silicate-natrium composition cohesive material. This is explained by the fact that instead of natrium silicate, in heat-resistant concrete produced with the nano-dispersion natrium polysilicate composition cohesive material, the low-melting alkaline component (Na_2O) is reduced which in turn increases the operational properties of the heat-resistant concrete, heat stability, temperature of application, corrosion resistance, etc.

KEY WORDS: (Na_2O) alkaline oxide; electro smelted corundum; nano-dispersion natrium polysilicate; silica modulus.

UDC 624:693.54
SCOPUS CODE 2501

ЖАРСТОЙКИЙ БЕТОН НА НАНОДИСПЕРСНОМ СИЛИКАТ-НАТРИЕВОМ КОМПОЗИЦИОННОМ ВЯЖУЩЕМ

Эсадзе Т.И. Департамент технологий гражданского и промышленного строительства и строительных материалов, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^б
E-mail: e.tamar@mail.ru

Лежава Х.Д. Департамент технологий гражданского и промышленного строительства и строительных материалов, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^б
E-mail: kh.lejava@gtu.ge

Рецензенты:

З. Карумидзе, академич. доктор Департамента технологий гражданского и промышленного строительства и строительных материалов строительного факультета ГТУ
E-mail: zkarumidze@yahoo.com

А. Чиковани, академич. доктор Департамента технологий гражданского и промышленного строительства и строительных материалов строительного факультета ГТУ
E-mail: achikovani@gtu.ge

АННОТАЦИЯ. Одной из высоких технологий производства наноогнеупоров является нанотехнология, которая находится в самом начале своего развития применительно к огнеупорам.

Жаростойкие бетоны, изготовленные из связующего нанодисперсного полисиликата натрия, показали высокие эксплуатационные свойства, по сравнению с обыкновенными жаростойкими бетонами, которые изготовлены на силикат-натриевом композиционном вяжущем. Это объясняется тем, что вместо силиката натрия в жаростойких бетонах, которые изготовлены на нанодисперсном полисиликат-натриевом вяжущем, уменьшается щелочный компонент (Na_2O)-легкоплавленный составляющий, а это, в свою очередь, повышает эксплуатационные свойства жаростойких бетонов: термостойкость, температуру применения, коррозионную стойкость и др.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нанодисперсный полисиликат натрия; силикатный модуль; щелочный оксид (Na_2O); электроплавленный корунд.

UDC 691.32:620.193

SCOPUS CODE 2501

ბეტონის სულფატური კოროზია

- ა. ჩიკოვანი სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის ტექნოლოგიისა და საშენი მასალების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ბ
E-mail: A.Chikovani@gtu.ge
- თ. ესაძე სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის ტექნოლოგიისა და საშენი მასალების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ბ
E-mail: e.tamar@mail.ru
- ხ. ლეჟავა სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის ტექნოლოგიისა და საშენი მასალების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ბ
E-mail: kh.lejava@gtu.ge

რეცენზენტები:

- ზ. ქარუმიძე, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის ტექნოლოგიისა და საშენი მასალების დეპარტამენტის აკადემიური დოქტორი
E-mail: z.karumidze@yahoo.com
- მ. ლორთქიფანიძე, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის ტექნოლოგიისა და საშენი მასალების დეპარტამენტის აკადემიური დოქტორი
E-mail: m.lortkipanidze@gtu.ge

ანოტაცია: მკვეთრი ტემპერატურული ცვლილებები, ატმოსფერული ტენი, მჟავები და სხვა აგრესიული წყლები იწვევს მასალებში ბზარების გაჩენას და მათ ნაწილობრივ ან სრულ რღვევას. მასალაზე (ბეტონზე) აგრესიული ზემოქმედება იწვევს კოროზიას, ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების გაუარესებას.

თბილისსა და მის შემოგარენში განსაკუთრებით აქტუალურ პრობლემას წარმოადგენს სულფატური კოროზია, მიწისქვეშ არსებული გოგირდოვანი წყლების გამო, რომელსაც მკვეთრად გამოხატული აგრესიულობა აქვს ბეტონის მიმართ.

სულფატების ზემოქმედებისას პორტლანდცემენტის ჰიდრატაციის ზოგიერთ პროდუქტთან ფორმირებაში წარმოიქმნება ნაერთები – კალციუმის ჰიდროსულფოალუმინატი, ბუნებრივი მინერალის ეტრინგიტის ან თაბაშირის ქვის $CaSO_4 \cdot H_2O$ ანალოგი, რომელთა მოცულობა ბევრად აღემატება რეაქციაში შესული ნივთიერებების მოცულობას, რაც იწვევს მნიშვნელოვან დაძაბულობას და ბეტონის სტრუქტურის დაშლას. ბეტონის კოროზიისაგან დაცვის ზოგადი პრინციპები დაფუძნებულია მკვეთრი ბეტონის მიღებაზე მინიმალური ჟონვადობით (ფილტრაციის კოეფიციენტის გათვალისწინებით) და ღია ფორიანობით (წყალშთანთქ-

მა), რაც რეგლამენტირებულია სამშენებლო ნორმებითა და წესებით.

საკვანძო სიტყვები: გრუნტის წყლები; კოროზია; სულფატური კოროზია.

შესავალი

ერთ-ერთი ძირითადი მოთხოვნა შენობისა და ნაგებობისადმი არის ხანმდეგობა, ე.ი უნარი, რომ ნაგებობამ, მზიდმა და გადაძვლებამ კონსტრუქციებმა შეასრულოს საჭირო ფუნქცია ექსპლუატაციის პერიოდში. ხანმდეგობა განისაზღვრება მასალაზე მოქმედი აგრესიულობის ხარისხის და მასალის მდგრადობის შეფარდებით აგრესიულობის ზემოქმედებაზე. მასალაზე (ბეტონზე) აგრესიული ზემოქმედება იწვევს კოროზიას, ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების გაუარესებას. კოროზიული პროცესები ვითარდება დროში გარე ან შიგა აგრესიული ფაქტორების მოქმედებით, რის შედეგადაც ხდება აგრესიული კომპონენტების ზემოქმედება პორტლანდცემენტის (ცემენტის ქვა) ჰიდრატაციის პროდუქტებთან და იწვევს მისი სტრუქტურისა და თვისებების შეცვლას.

კოროზიას შეიძლება ჰქონდეს ფიზიკური ბუნება, როცა ძირითადი აგრესიული ფაქტორია ფიზიკური პროცესები, რომლებიც მიმდინარეობს ცემენტის ქვასთან ქიმიური ზემოქმედების გარეშე, მაგალითად, ციკლური გაყინვა და გადნობა (ყინვამდეგობა), ციკლური გაცხელება და გაცივება, მარილების კრისტალიზაცია ფორებში (მარილური კოროზია) და ქიმიური, როდესაც აგრესიული აგენტები ცემენტის ქვასთან ერთად ახალ ნაერთებს ქმნის. ქიმიური კოროზიის მექანიზმის ანლოგიურად მიმდინარეობს ბეტონის დაშლა ბიოლოგიური კოროზიის დროსაც, როდესაც ზოგიერთი ბაქტერიის ცხოველ-

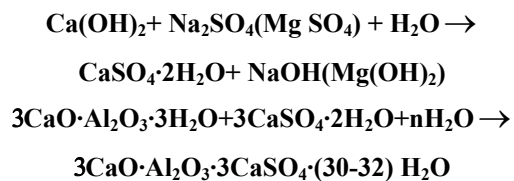
მყოფელი მოქმედების შედეგად წარმოიშობა ნივთიერებები (მჟავები), რომლებიც ბეტონის დაშლას იწვევს.

არსებობს ბეტონის გარე კოროზია, როცა აგრესიული აგენტები ხვდება ბეტონის სტრუქტურაში გარედან, შიგა კოროზია კი, როცა აგრესიული აგენტები შედის ბეტონის სტრუქტურაში მის კომპონენტებთან ერთად, ბეტონის ნარევის დამზადებისას.

ძირითადი ნაწილი

ჩვენთვის განსაკუთრებით აქტუალური პრობლემა სულფატური კოროზიაა, თბილისის მიწისქვეშეთში არსებული გოგირდოვანი წყლების გამო.

სულფატების უარყოფითი გავლენა ბეტონზე ცნობილია 1877 წლიდან. სულფატების ზემოქმედების დროს პორტლანდცემენტის ჰიდრატაციის ზოგიერთ პროდუქტთან, ფორებში წარმოიქმნება ნაერთები – კალციუმის ჰიდროსულფოალუმინატი, ბუნებრივი მინერალის ეტრინგიტის – $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 31H_2O$ ან თაბაშირის ქვის $CaSO_4 \cdot H_2O$ ანალოგი, რომელთა მოცულობა ბევრად აღემატება რეაქციაში შესული ნივთიერებების მოცულობას, რაც იწვევს მნიშვნელოვან დაძაბულობას და ბეტონის სტრუქტურის დაშლას (ეტრინგიტის მოლური მოცულობა 8-ჯერ აღემატება C_3A -ს მოცულობას):



სულფატებს შორის ბეტონისათვის ყველაზე საშიშია ამონიუმის სულფატი $(NH_4)_2SO_4$ გარკვეულ პირობებში, კერძოდ 2–5°C ტემპერატურაზე ცემენტის ქვის სტრუქტურაში შეიძლება წარმოიქმნას კალციუმის ჰიდროსულფოკარბოსილი-

კატი ტაუმასიტი $\text{CaSiO}_2 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 15\text{H}_2\text{O}$, რომელიც ეტრინგიტის წარმოქმნით ბეტონს დაშლის. დაბალ ტემპერატურაზე (10^0C -ზე ნაკლები) აღინიშნება სულფატური კოროზიის უფრო ინტენსიური განვითარება, რადგან ამ შემთხვევაში, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -ის მომატებული ხსნადობის გამო, იზრდება ფორების სიოხის pH, რასაც მიყვავართ აქტიური ეტრინგიტის ან მეორე ტიპის ეტრინგიტის ფორმირებასთან, რომელთა კრისტალების ზომებია 1...2 მკმ სიგრძით და 0,1...0,2 მკმ სისქით და რომლებიც, დიდი რაოდენობის წყლის აღსორბციის გამო, იწვევს მოცულობის ზრდას და ცემენტის ქვის დაშლას. გარდა ამისა, ტაუმასიტის წარმოქმნისას თავისუფლდება Al_2O_3 , რაც ეტრინგიტის წარმოქმნის დასაწყისია და კალციუმის ჰიდროსილიკატიდან იხარჯება SiO_2 , რასაც მიყვავართ მათ გადაკრისტალებასთან. სულფოალუმინატური კოროზია ნათლად მუდავნდება, როცა SO_4^{2-} -ის შემცველობა მეტია 300 მგ/ლ-ზე, თაბაშიროვანი, როცა SO_4^{2-} -ის შემცველობა მეტია

1000 მგ/ლ-ზე, მაგრამ გაცილებით ნაკლები როლი ენიჭება სულფოალუმინატურთან შედარებით SO_4^{2-} -ის 4000გ/მლ-ზე შემცველობამდე.

სულფატური (III სახეობის) კოროზიის გარე ნიშნებია მოცულობის (წრფივი ზომების) გადიდება და ბზარების გაჩენა. დაშლის სტადიას წინ უსწრებს “მონვენებითი კეთილდღეობა”, როცა მეორეული ეტრინგიტის წარმოქმნის შედეგად ხდება ფორიანობის შემცირება, სიმტკიცისა და დრეკადობის მოდულის მომატება. სულფატების მოქმედებისას ბეტონის მდგრადობის ამაღლების გადამწყვეტი ფაქტორია C_3A შეზღუდული შემცველობის პორტლანდცემენტის, კერძოდ სულფატმედევი პორტლანდცემენტის ($\text{C}_3\text{A} < 5\%$, $\text{C}_4\text{AF} + \text{C}_3\text{A} < 22\%$, $\text{C}_3\text{A} < 50\%$) გამოყენება. სიმკვრივის (ბეტონის წყალუქონობის) ამაღლება ასევე ხელს უწყობს ბეტონის მდგრადობის მატებას. ეს ფაქტი ასახულია ბეტონის კოროზიისაგან დაცვის ნორმებში (ცხრ.1)

ცხრილი 1

გარემოს აგრესიულობის მაჩვენებლები

ცემენტი	სულფატების შემცველი SO_4^{2-} მგ/ლ, თხევადი გარემოს აგრესიულობის მაჩვენებელი, ბეტონებისათვის წყალუქონობით			ბეტონზე აგრესიული მოქმედების ხარისხი
	W8	W10...W14	W16...W20	
I ჯგუფი პორტლანდცემენტი ГОСТ 10178-85	425...850	850...1250	1250...2500	სუსტი
	850...1700	1250...2500	2500...5000	საშუალო
	>1700	>2500	>5000	ძლიერი
II ჯგუფი იგივე ცემენტი, მხოლოდ C_3S -შემცველობით < 65%, $\text{C}_3\text{A} < 7\%$, $\text{C}_3\text{A} + \text{C}_4\text{AF} < 22\%$,	2550...5100	5100...6000	6000...7500	სუსტი
	5100...6800	6000...7500	7500...10000	საშუალო
	>6800	>7500	>10000	ძლიერი
III ჯგუფი სულფატმედევი ცემენტი II ჯგუფის პორტლანდცემენტი მოდიფიკატორებით მკ+სპ ან მბ-01	5100...10200	10200...12000	12000...15000	სუსტი
	10200...13600	12000...15000	15000...20000	საშუალო
	>13600	>15000	>20000	ძლიერი

შენიშვნა. რუსული (საბჭოთა კავშირის) სტანდარტი, მოქმედია ჩვენთანაც. ასე, მაგალითად, პორტლანდცემენტზე (ГОСТ 10178) დამზადებული W8 წყალუქონობის ბეტონისათვის გარემო სულფატების შემცველობით 1800 მგ/ლ იქნება ძლიერ აგრესიული, ხოლო W20 წყალუქონობის ბეტონისათვის – სუსტად აგრესიული.

სულფატური კოროზიის დროს ბეტონის მუშაობის საორიენტაციო ვადას აფასებენ შემდეგი პირობების გათვალისწინებით:

- τ გარკვეული დროის განმავლობაში (6 თვე, 1 წელი) q სულფატიონების (SO_4^{2-}) დაგროვების სიჩქარით რაღაც h ფენაში, მაგალითად,

5 მმ. შეფასება ხდება ლაბორატორიული გამოცდის შედეგად;

- მოცემული ბეტონისათვის Q სულფატების დასაშვები ზღვრული შემცველობით, რომელიც განისაზღვრება ცემენტის ალუმინის შემცველობით;
- რეალური “მოცულობით”, ეი ბეტონის დამცავი α შრის $n=a/h$ ფორმულით:

$$\tau = n \frac{Q^2}{q^2} \tau_{\text{წ.}}$$

მაგალითი. როცა $Q=8\%$, $\tau_{\text{წ.}}=6$ თვე, $q=1,5\%$, $n=4$, მივიღებთ $\tau =57$ წელს; როცა $q=2,5\%$ (ნაკლებად მკვრივი ბეტონი), მივიღებთ $\tau =20$ წელს.

ცხრილი 2

**აგრესიული გარემოს პირობებში ბეტონზე
წაყენებული მოთხოვნები**

ბეტონის ჟონვის პირობითი მაჩვენებლები	ბეტონის ჟონვის მაჩვენებლები			
	პირდაპირი		ირიბი	
	ბეტონის წყალუქონობის მარკა	ფილტრაციის კოეფიციენტი სმ/წმ $K(f)$	მასითი წყალშთანქმა, %	წყალცემენტის ფარდობა წყ/ც არაუმეტეს
ნორმალური ჟონვის ბეტონი	W4	$2.10^{-9} \dots 7.10^{-9}$	4,7...5,7	0,6
დაბალი ჟონვის ბეტონი	W6	$6.10^{-10} \dots 2.10^{-9}$	4,2...4,7	0,55
განსაკუთრებით დაბალი ჟონვის ბეტონი	W8	$1.10^{-10} \dots 6.10^{-10}$	4,2-მდე	0,45

შენიშვნა. ბეტონის მარკა წყალუქონობაზე და ფილტრაციის კოეფიციენტი უნდა განისაზღვროს მოქმედი სტანდარტების მიხედვით.

მე-2 ცხრილში მოყვანილი წყალშთანქმის და წყალცემენტის ფარდობის მაჩვენებლები ეკუთვნის მძიმე ბეტონს. მსუბუქი ბეტონის წყალშთანქმა უნდა განისაზღვროს კოეფიციენტ-

ზე გადამრავლებით, რომელიც ტოლია მძიმე ბეტონისა და მსუბუქი ბეტონის სიმკვრივეთა ფარდობისა. ბეტონის წყალცემენტის ფარდობის მაჩვენებელი (ცხრ.2) უნდა გამრავლდეს 1,3-ზე.

კლასები ექსპლუატაციის პირობების მიხედვით

აგრესიული აგენტი	კლასი ექსპლუატაციის პირობებით		
	XA1	XA2	XA3
	გრუნტის წყლები		
SO ₄ ²⁻ , მგ/ლ	200...600	601...3000	3001...6000
pH	5,5 < pH < 6,5	4,5 < pH < 5,5	4,0 < pH < 4,5
CO ₂ , მგ/ლ	15...40	41...100	> 100
NH ₄ ⁺ , მგ/ლ	15...30	31...60	61...100
Mg ²⁺ , მგ/ლ	300...1000	1001...3000	> 3000
გრუნტი			
SO ₄ ²⁻ , მგ/კგ	2000...3000	3001...12000	12001...24000
მჟავები, მლ/კგ	> 200	არარეკომენდებულია	

დასკვნა

ბეტონის კოროზიისაგან დაცვის ზოგადი პრინციპები დაფუძნებულია მკვრივი ბეტონის მიღებაზე, მინიმალური ჟონვით (ფილტრაციის კოეფიციენტის გათვალისწინებით) და ღია ფო-

რიანობით (წყალშთანთქმა), რაც რეგლამენტირებულია სამშენებლო ნორმებითა და წესებით (ცხრ.2). ევროპის ნორმებით გარემოს აგრესიულობა მიღებულია ექსპლუატაციის კლასების მიხედვით (ცხრ. 3).

ლიტერატურა

1. L. Alimov, V. Voronin. Study of concrete, M., 2010.- p. 424. (In Russian).
2. Y. Bazhenov. Concrete technology, M., 2007.- p. 500. (In Russian).
3. G. Nesvetaev. Concretes Rostov-on-Don, M., 2011.- p. 381. (In Russian).
4. V. Ratinov, F.M. Ivanov. Chemistry in construction, M., 1987. p. 220. (In Russian).
5. A. Chikovani. Concrete technology, Tbilisi, 2015.- p. 358. (In Georgian).

UDC 691.32:620.193

SCOPUS CODE 2501

SULPHATE CORROSION OF CONCRETE

- A. Chikovani** Department of Civil and Industrial Engineering Technology and Building materials, Georgian Technical University, 68^b M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: A.Chikovani@gtu.ge
- T. Esadze** Department of Civil and Industrial Engineering Technology and Building materials, Georgian Technical University, 68^b M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: e.tamar@mail.ru
- Kh. Lejava** Department of Civil and Industrial Engineering Technology and Building materials, Georgian Technical University, 68^b M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: kh.lejava@gtu.ge

Reviewers:

Z. Karumidze, Academic Doctor, Department of Civil and Industrial Engineering Technology and Building Materials, Faculty of Civil Engineering, GTU

E-mail: z.karumidze@yahoo.com

M. Lortkipanidze, Academic Doctor, Department of Civil and Industrial Engineering Technology and Building Materials, Faculty of Civil Engineering, GTU

E-mail: m.lortkipanidze@gtu.ge

ABSTRACT. Sharp changes of the temperature, atmospheric humidity, acids and other corrosive waters cause cracking and eventually, full or partial demolition of materials. The effect of corrosive medium on the material (concrete) causes corrosion and deterioration of its physical and mechanical properties.

For Tbilisi and its surroundings sulphate corrosion is a priority problem, as the underground sulphate water is very aggressive towards concrete. With sulphate influence on certain products of portland-cement hydration, compounds of calcium hydrosulfoaluminate occur in pores, which is the analogue of Ettringite, a natural mineral or gypsum stone $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Their volumes greatly exceed the volumes of matters in reaction, which causes considerable stress and concrete structure failure. General principles of concrete protection from corrosion are based on production of dense concrete, with minimum passing (by ratio of filtering) rate and with open porosity (water reducing) as specified in the construction standards.

KEY WORDS: corrosion; subsoil water; sulphate corrosion.

UDC 691.32:620.193

SCOPUS CODE 2501

СУЛЬФАТНАЯ КОРРОЗИЯ БЕТОНА

- Чиковани А.Б.** Департамент технологий гражданского и промышленного строительства и строительных материалов, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^б
E-mail: A.Chikovani@gtu.ge
- Эсадзе Т.И.** Департамент технологий гражданского и промышленного строительства и строительных материалов, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^б
E-mail: e.tamar@mail.ru
- Лежава Х.Д.** Департамент технологий гражданского и промышленного строительства и строительных материалов, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^б
E-mail: kh.lejava@gtu.ge

Рецензенты:

З. Карумидзе, академич. доктор Департамента технологий гражданского и промышленного строительства и строительных материалов строительного факультета ГТУ

E-mail: z.karumidze@yahoo.com

М. Лорткипанидзе, академич. доктор Департамента технологий гражданского и промышленного строительства и строительных материалов строительного факультета ГТУ

E-mail: m.lortkipanidze@gtu.ge

АННОТАЦИЯ. Резкие температурные изменения, атмосферная влажность, кислоты и др. агрессивные воды способствуют появлению трещин в материалах, а это, в свою очередь, вызывает их частичное или полное разрушение. Действие агрессивной среды на бетоны вызывает коррозию и ухудшение физико-механических свойств.

Актуальной проблемой для города Тбилиси и его окрестностей является сульфатная коррозия, из-за подземных сульфатных вод, которые имеют резко выявленную агрессивность по отношению к бетонам. При взаимодействии сульфатов с некоторыми продуктами гидратации портландцемента, в порах возникают соединения гидросульфоалюминатов кальция, которые являются аналогами природного минерала этрингита, или гипсового камня - $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, объем которого превышает объем веществ, входящих в реакцию, это вызывает особые напряжения и разрушение структуры бетона.

Общие принципы защиты бетона от коррозии обоснованы на получение плотного бетона с минимальной проницаемостью (по коэффициенту фильтрации) и с открытой пористостью (водопоглощаемость), что регламентировано строительными правилами и нормами.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: грунтовые воды; коррозия; сульфатная коррозия.

UDC 66.08

SCOPUS CODE 2501

40AГФТ ფოლადის ბზარმედეობა

- ი. აბდუშელიშვილი** მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: abdushelishviliirakli@gmail.com
- ვ. კოპაღეიშვილი** მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: v. kopaleishvili@gtu.ge

რეცენზენტები:

- ი. ქაშაკაშვილი**, სტუ-ის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტის პროფესორი
E-mail: i.kashakashvili@gtu.ge
- ღ. კოტიაშვილი**, სტუ-ის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტის პროფესორი
E-mail: ika.kotiaashvili@gmail.com

ანოტაცია: ბზარმედეობა მასალის თვისებაა წინააღმდეგობა გაუწიოს ბზარის გავრცელებას. ბზარმედეობაზე გამოსაცდელად შეირჩა ბზარმედეობის განსაზღვრის მიახლოებით მეთოდი J-ინტეგრალი, საკვლევი მასალის შეზღუდული მცირე ზომების გამო. საკვლევი ნიმუშების ზომები იყო 7x14x130მმ, 5 მმ სიღრმის ბასრი ჩანაჭრით. ნიმუშზე წინასწარ ჩასახულ იქნა დაღლილობის ბზარი დროზდოვსკის ვიბრატორზე. ბზარის ჩასახვისას ნიშანცვლადი დატვირთვის ცვლილების სისწორე 5–10 ჰერცს შეადგენდა. ბზარჩასახული ნიმუშები გამოიცადა სამწერტილიან ღუნვაზე დიაგრამების ჩაწერით ბზარის გავრცელების სხვადასხვა სიდიდემდე.

საკვანძო სიტყვები: ბზარი; ბზარმედეობა; ბზარის გავრცელება; J-ინტეგრალი; კონტროლირებული გლინვა; ნორმალიზაცია.

შესავალი

ლითონის ვარგისობის შესაფასებლად, სხვა მექანიკურ თვისებებთან ერთად, აუცილებელია ბზარმედეობის დადგენა, ვინაიდან ის ზოგადად ახასიათებს ნებისმიერი მასალის უნარს წინააღმდეგობა გაუწიოს მასში უკვე არსებული ბზარის გავრცელებას.

ძირითადი ნაწილი

როგორც ცნობილია, მასალათა ბზარმედე-

გობის შეფასების ყველაზე უფრო საიმედო შედეგს იძლევა წინასწარჩასახული დადლილობის ბზარის მქონე ნიმუშის გამოცდა, რადგან სწორედ ასეთი ბზარია კონსტრუქციათა უმრავლესობაში ყველაზე გავრცელებული და საშიში დეფექტი. ბზარის ზრდა იწყება, თუ დაძაბულობის ინტენსიურობის კოეფიციენტი ან მისი გაშლა (ციკლური დატვირთვის დროს) აჭარბებს გარკვეულ ზღვრებს და შედგება სამი – მზარდი სინქარით ზრდის, სტაბილური და შედარებით ნელი გავრცელების და დაჩქარებული გავრცელების (განვითარების) სტადიისგან, რომელიც რღვევით მთავრდება. რღვევის კინეტიკა აღიწერება დიაგრამებით, რომლებიც ჩაწერილია კოორდინატებში: "ბზარის სიგრძე – ციკლთარიცხვი ანდა ციკლური დატვირთვის დრო"; "ბზარის სიგრძე – სტატიკური დატვირთვის დრო". რღვევის კინეტიკური პარამეტრები საშუალებას იძლევა კონსტრუქციაში გაკეთდეს მასალის მუშაობის უნარის პროგნოზირება.

ბზარმდეგობის გაზრდის გზები შეიძლება იყოს: მასალის ოპტიმალური ქიმიური კომპოზიციის შერჩევა; მისი რაციონალური მიკროლევირება (ელემენტების ერთობლივი, კომპლექსური გავლენის გათვალისწინებით); ოპტიმალური მიკროსტრუქტურების ფორმირება; არასასურველი ჩანართების რაოდენობის შემცირება, განსაკუთრებით ისეთის, რომელიც სეგრეგაციას განიცდის მარცვლების საზღვრებზე და ადვილდნობადია; თერმომექანიკური დამუშავების ოპტიმალური რეჟიმები, რომლის შედეგად ყალიბდება ფოლადის მიკროსტრუქტურის ყველაზე უფრო სასურველი ტიპი და პარამეტრები; ისეთი ზედაპირული ფენის შექმნა, რომლის აგებულება და დაძაბული მდგომარეობა ხელს უშლის მასში მიკრობზარების ჩასახვას შეიძლება იყოს წვრილმარცვლოვანი აგებულება, მომჭიმავი (მკუმშავი) ძაბვები და სხვა.

ჩვენ შემთხვევაში ბზარმდეგობაზე გამოცდისთვის შერჩეულ იქნა ბზარმდეგობის ენერგეტიკული (J_c) მახასიათებლის გამოთვლის მიახლოებითი მეთოდი. ბზარმდეგობის ენერგეტიკული მახასიათებლის მიახლოებითი გამოთვლის შემდეგ შესაძლებელია (მის საფუძველზე) ბზარმდეგობის ძალოვანი (K_{IC}) მახასიათებლის განსაზღვრა. ამ მეთოდის შერჩევა განპირობებული იყო იმით, რომ K_{IC} განსაზღვრისათვის საჭირო გახდა გაცილებით უფრო დიდი ზომის ნიმუშების გამოცდა, ვიდრე მილნამზადიდან აღებული მასალის ზომები იძლეოდა ამის საშუალებას.

გამოცდისათვის შეირჩა ნიმუშები ზომებით: 7x14x130მმ, 5მმ სიღრმის ბასრი ჩანაჭრით.

გამოსაცდელი ნიმუშების ერთი (შესასწაველი) ზედაპირი გაპრიალებულ იქნა მე-7–9 კლასის სისუფთავემდე და მასზე წინასწარ მოინიშნა დადლილობის ბზარის შესაძლო (სავარაუდო) სიგრძე. შემდეგ თითოეული ნიმუში მოთავსდა ე. წ. "დროზდოვსკის ვიბრატორზე" და მასში ბზარის ჩაისახა. ბზარის ჩასახვისას ნიშანცვლადი დატვირთვის სიხშირე იყო 5–10 ჰერცი. რხევის ამპლიტუდა შეირჩა იმის მიხედვით, რომ ბზარის ჩასახვას თითოეულ ნიმუშზე დასჭირდა 1,5–2 საათი. J_c-ს განსაზღვრას თითოეული მდგომარეობისათვის სჭირდება 5–8 ნიმუში. ჩვენ შემთხვევაში ცხლად გლინული ფოლადის გამოცდისთვის დაგჭირდა 5, ხოლო ცხლად გლინვის შემდეგ ნორმალიზებულითვის – 6 ნიმუში.

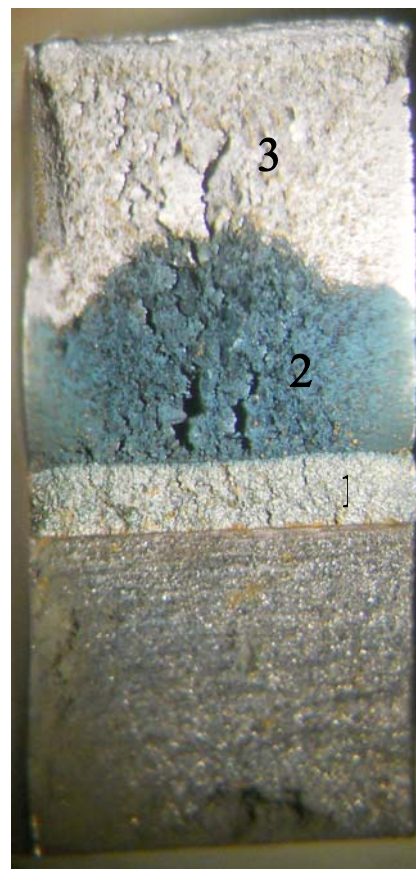
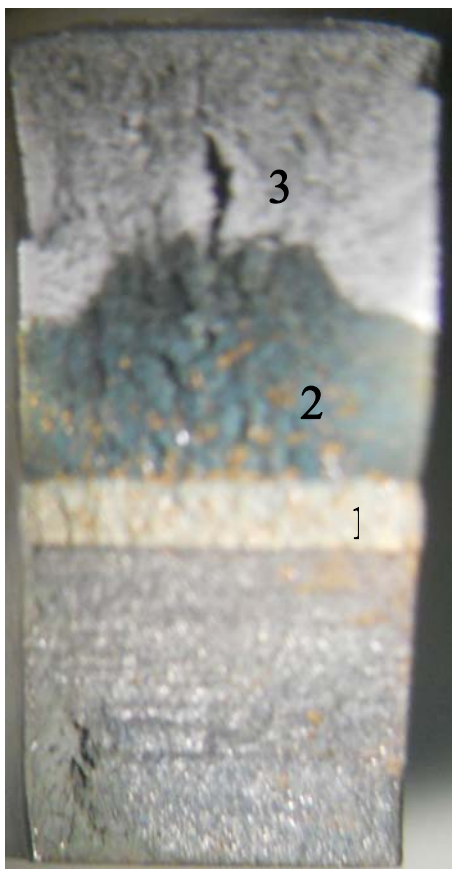
ბზარის ჩასახვის შემდეგ ბზარმდეგობაზე გამოცდა წარმოებდა მეთოდურ ნაწილში აღწერილი სქემის მიხედვით. ღუნვის დიაგრამა ჩაიწერა კოორდინატებში „დატვირთვა–გადაადგილება.“ ტრავერსის გადაადგილების სინქარე 3 მმ/წთ შეადგენდა. გაღუნვისთვის შეირჩა 1-ტონიანი რეჟიმი. თითოეულ გამოსაცდელ ნიმუშს სხვადასხვა სიგრძის ბზარის მისაღებად მოედო სხვადა-

სხვა სიდიდის დატვირთვა. თითოეულ დატვირთვას შეესაბამება თავისი დიაგრამა. გაღუნული ნიმუშები გაცხელდა 400–450°C ტემპერატურამდე, 15 წუთის განმავლობაში გავრცელებული ბზარის ნაპირების გასამუქებლად და ბზარის ნაზარდის გამოსაკვეთად. შემდეგ ნიმუშები ტყდებოდა ბოლომდე დიაგრამის ჩაწერის გარეშე.

გატეხილ ნიმუშზე კარგად ჩანს (იხ. სურ.):

1) დაღლილობის ზონა – 1; 2) ბზარის გავრცე-

ლების ზონა (შეფერილი ანუ გაუმუქებული უბნები) – 2; 3) ნიმუშის საბოლოო გატეხის ზონა (შეუფერავი ანუ გაუმუქებელი უბნები) – 3. მოხდა გატეხილი ნიმუშების ფოტოგრაფირება. ფოტოსურათზე გაიზომა ბზარის სიგრძე ჩანაჭერთან ერთად (ℓ, მმ), აგრეთვე ბზარის ნაზარდის ფართობი და მიღებული მნიშვნელობები გაიყო ნიმუშის სიგანეზე. ამ მეთოდით გამოანგარიშებულ იქნა ბზარის ნაზარდი: $S/t=\Delta\ell,მმ$.



ბზარმედეგობაზე გამოცდილი ნიმუშები

- ა) ცხლად გლინული; ბ) ცხელი გლინის შემდეგ ნორმალიზებული;
 1 – დაღლილობის ზონა; 2 – ბზარის გავრცელების ზონა (შეფერილი ანუ გაუმუქებული უბნები);
 3 – ნიმუშის საბოლოო გატეხის ზონა (შეუფერავი ანუ გაუმუქებელი უბნები)

ბზარის ნაზარდს რთული ფორმა აქვს, რის გამოც მისი ფართობი განისაზღვრა პლანიმეტრით (შესაბამისი მასშტაბის გათვალისწინებით). თითოეულ გამოცდილ ნიმუშზე გაიზომა: სისქე (t) და სიმაღლე (B). ℓ/B ფარდობის მიხედვით გამოითვალა α კოეფიციენტის მნიშვნელობა.

ღუნვის დიაგრამაზე ვიღებდით შემდეგ მონაცემებს: 1) f_T – მაქსიმალური ჩაღუნვა (მმ); 2) P_T – მაქსიმალური დატვირთვა (ნ); 3) ნიმუშის გაღუნვაზე დახარჯული მუშაობა (ნ·მმ) შემდეგი

$$\text{ფორმულით: } \int_0^{f_T} Pdf_T = \frac{40S_T}{20} = 2S_T ,$$

სადაც S_T დატვირთვის მრუდითა და აბსციისით შემოსაზღვრული ფართობია (იხმებოდა პოლარული პლანიმეტრით) დიაგრამაზე; 40 და 20 – დიაგრამის მასშტაბები (მმ), ორდინატსა და აბსციისაზე შესაბამისად.

მიღებული მონაცემები დამუშავებულ იქნა კომპიუტერში "Microsoft XL" პროგრამით, შეირჩა ექსპერიმენტულ წერტილებზე გამავალი კორელაციური მრუდებისათვის საუკეთესოდ მაპროქსიმირებელი (ხვენი მონაცემებისათვის – ექსპონენციალური) ფუნქციები და მათი შესაბამისი განტოლებები როგორც მილნამზადის ცხლად გლინული (კონტროლირებულად გაგლინული), ისე ცხელი (კონტროლირებული) გლინვის შემდეგ ნორმალიზებული მასალისთვის. ამ განტოლებებში x არის ბზარის ნაზარდი, ხოლო y – J_c -ინტეგრალი.

ცხლად გლინული მასალისათვის $y=147,29e^{0,3345x}$ და $R^2=0,8918$, ცხელი გლინვის შემდეგ ნორმალიზებული მასალისთვის – $y=107,96e^{0,3688x}$ და $R^2=0,9857$. აქ R^2 არის აპროქსიმაციის უტყუარობის სიდიდე (საზომი).

შერჩეული განტოლებებით ბზარის ნულოვანი ნაზარდებისათვის (ანუ $x=0$ პირობისათვის) გამოვთვალეთ y ანუ J_c -ინტეგრალის J_c მნიშვნელობები. შემოწმების შემდეგ დადგინდა, რომ J_c -ინტეგრალის J_c მნიშვნელობები აკმაყოფილებს სათანადო პირობებს და ამდენად 40AΦT ფოლადის მილნამზადის ცხლად გლინული მასალისთვის და ცხელი გლინვის შემდეგ ნორმალიზებული მასალისთვისაც ბზარმდეგობის მაჩვენებელია J_c . მილნამზადის ცხლად გლინული მასალისთვის $J_c=147$ ნ/მმ, ხოლო ცხელი გლინვის შემდეგ ნორმალიზებული მასალისთვის $J_c=108$ ნ/მმ. ამ შემთხვევაშიც 40AΦT ფოლადის ბზარმდეგობაზე გამოცდის შედეგები მიგვანიშნებს, რომ კონტროლირებული გლინვის შემდეგ ლითონი გადა-

დის მაღალი სიმტკიცის მდგომარეობაში, რასაც ადასტურებს J_c -ს საკმაოდ მაღალი მნიშვნელობა.

დასკვნა

კონტროლირებული გლინვისა და ნორმალიზაციის შემდეგ 40AΦT ფოლადის ბზარმდეგობა, რომელიც J_c -ინტეგრალის მეთოდით იქნა განსაზღვრული, მექანიკურ თვისებათა სხვა მაჩვენებლებთან ერთად, მიანიშნებს ამ მასალის მაღალ საკონსტრუქციო სიმტკიცეზე.

40AΦT ფოლადის ბზარმდეგობის მაღალი მნიშვნელობები, ისევე როგორც ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების სხვა მახასიათებლების მაღალი მნიშვნელობები, მიღებულია ცხელი გლინვის შემდეგ ჩატარებული სხვადასხვა თერმული დამუშავებით (ნორმალიზაცია 900°C-ზე; ნორმალიზაცია 900°C-ზე+მოშვება 600°C-ზე).

ვფიქრობთ, რომ J_c -ს მაღალი მნიშვნელობები განპირობებულია როგორც ვანადიუმის, ტიტანისა და აზოტის მიკროდანამატების შედეგად წარმოქმნილი მათი წვრილდისპერსიული კარბიდების, ნიტრიდების და კარბონიტრიდების განამტკიცებელი ზეგავლენით, ისე კონტროლირებული გლინვისას განხორციელებული პლასტიკური დეფორმაციის ეფექტით.

40AΦT ფოლადის ბზარმდეგობის შესწავლის შედეგებიც ადასტურებს, რომ ცხლად გლინულ (კონტროლირებული გლინვის შემდეგ) მდგომარეობაში ფოლადის საკონსტრუქციო სიმტკიცის მაღალ მნიშვნელობას (სიმტკიცისა და პლასტიკურობის მაჩვენებლების მაღალ დონეზე ოპტიმალურ შერწყმას) განაპირობებს ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების არა მხოლოდ რომელიმე მახასიათებელი, არამედ მათი მთლიანი კომპლექსი, მათ შორის ბზარმდეგობის მაღალი მაჩვენებელი.

ლიტერატურა

1. V. Kopaleishvili, L. Kotiashvili, I. Kashakashvili, D. Kopaleishvili, T. Makharadze, G. Chavchanidze. Estimation of structural strength of low alloy steels towards crack resistance. Transport and Machine Building. 2008, №3, pp. 33-50. (In Georgian).
2. L. Kotiashvili. Estimation of structural strength of low alloy steels towards crack resistance. Thesis of PhD candidate. Tbilisi: GTU, 2008, 126 p. (In Georgian).
3. V. Kopaleishvili, I. Abdushelishvili, I. Kvirikadze, L. Kotiashvili, I. Kashakashvili. Study of 40AГФТ type steel. Business Engineering. 2013, №3, pp. 181-183. (In Georgian).

UDC 66.08

SCOPUS CODE 2501

CRACK-RESISTANCE OF 40AГФТ STEEL

- I. Abdushelishvili** Department of Metallurgy, Metals Science and Metal Processing, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: abdushelishviliirakli@gmail.com
- V. Kopaleishvili** Department of Metallurgy, Metals Science and Metal Processing, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: v.kopaleishvili@gtu.ge

Reviewers:

I. Kashakashvili, Professor, Department of Metallurgy, Metals Science and Metal Processing, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, GTU
E-mail: i.kashakashvili@gtu.ge

L. Kotiashvil, Professor, Department of Metallurgy, Metals Science and Metal Processing, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, GTU
E-mail: ika.kotiashvili@gmail.com

ABSTRACT. Fracture toughness is a property of a material to resist crack propagation.

For testing crack-resistance the approximate method of determining fracture toughness, integral J_1 , was applied. Limited, small dimensions of the testing material determined the choice of the method - 7 x 14 x 130 mm with sharp notch in depth of 5 mm. The fatigue crack was pre-nucleated on a Drozdowski shaker. The frequency of the variable load at the time of crack initiation was 5-10 Hz. Samples with cracks were tested by the three-point bending with the charts record to the various points of crack propagation.

KEY WORDS: crack; crack propagation; crack resistance; controlled rolling; J_1 integral; normalization.

UDC 66.08

SCOPUS CODE 2501

ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ СТАЛИ 40АГФТ

Абдუშелишვილი И.Т. Департамент металлургии, материаловедения и обработки металлов, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 69
E-mail: abdushelishviliirakli@gmail.com

Копалейшвили В.П. Департамент металлургии, материаловедения и обработки металлов, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 69
E-mail: v.kopaleishvili@gtu.ge

Рецензенты:

И. Кашакашвили, профессор Департамента металлургии, материаловедения и обработки металлов факультета химической технологии и металлургии ГТУ
E-mail: i.kashakashvili@gtu.ge

Л. Котиашвили, профессор Департамента металлургии, материаловедения и обработки металлов факультета химической технологии и металлургии ГТУ
E-mail: ika.kotiashvili@gmail.com

АННОТАЦИЯ. Трещиностойкость является особенностью материала противостоять распространению трещин.

Для испытания на трещиностойкость нами был избран приближенный метод определения трещиностойкости, интеграл J_1 .

Ограниченные малые размеры испытываемого материала определили выбор этого метода. Размеры испытываемых образцов 7 x 14 x 130 мм, с острым надрезом глубиной 5 мм. Усталостная трещина была заранее зарождена на вибраторе Дроздовского. Частота изменения переменной нагрузки в момент зарождения трещины 5-10 Гц.

Образцы с зарожденной трещиной испытывались на трехточечном изгибе при распространении трещины до разных размеров с записью диаграмм.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: интеграл J_1 ; контролируемая прокатка; нормализация; распространение трещины; трещина; трещиностойкость.

UDC 666.946.6

SCOPUS CODE 2501

EFFECT OF GRAPHITE NANOPOWDER ON THE PROPERTIES OF CaO-MgO-SiO₂ SYSTEM COMPOSITE FOR HIGH TEMPERATURE BEDDING OF CEMENT AND METALLURGICAL FURNACES

- Z. Kovziridze** Department of Chemical Technology and Biotechnology, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: kowsiri@gtu.ge
- N. Nizharadze** Department of Chemical Technology and Biotechnology, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: nizharadzenatela@yahoo.com
- M. Balakhashvili** Department of Chemical Technology and Biotechnology, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: maia-balakhashvili@mail.ru
- Z. Mestvirishvili** Department of Chemical Technology and Biotechnology, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str, 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: zviad.mst@gmail.com

Reviewers:

- T. Cheishvili**, Professor, Department of Chemical Technology and Biotechnology, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, GTU
E-mail: t.cheishvili@gtu.ge
- J. Aneli**, Chief Researcher, R. Dvali Institute of Machine Mechanics, Doctor of Technical Sciences
E-mail: jimaneli@yahoo.com

ABSTRACT. Purpose.Comparative study of three dolomite (Abano, Skuri, Mukhuru-Georgia) and two serpentinite (Tselisi, Sachkhere-Georgia) deposits of Georgia was carried out to determine their fitness to receive high refractory clinker. **Methods.** Obtained materials were studied by electronic and optic-microscope, X-ray, refractory and thermal analyses. Physical and technical characteristics of the material have been investigated. **Results.** The main phases of the materials are: MgO in the form of periclase and 3CaO·SiO₂-alit. Belit is no longer in the product. C₄AF, C₃A and C₂F peaks have been fixed. Effect of graphite nanopowder – 20 m²/gr, TIMREX KS 6 mark, influence of methyl cellulose used as a

binder and complex action plasticizer on physical-technical characteristics of the composite have been studied. **Conclusion.** Innovative technology for production of materials has been developed. Optimal composition of materials is: cement clinker, binder, graphite nanopowder, silicium and plasticizer. Optimal forming pressure – 100 MPa, graphite nanopowder content – 15 mass%, relative surface 20 m²/gr. Silicium was introduced into oxygen-containing composite as an antioxidant.

KEY WORDS: additive; binding; differential-thermal analysis; dolomite-serpentinite composite; electron microscopy, flow-sheet of production.

INTRODUCTION

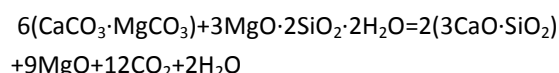
In many countries dolomite refractories are used instead of base composition magnesite refractory materials [1-4]. High refractory dolomite-serpentine clinker and on its base a composite was obtained using the technology developed by us [5-6].

Quality of such refractory materials is conditioned by joint action of some factors. One of the significant factors is obtaining of perfect structure to be preserved during operation of refractories. Besides, significant role is played by perfect surface of grains in the process of forming and treatment. This can be achieved by application of some admixes and binders. They improve working conditions by the provision of high plasticity, mass forming capacity, semi-product strength and resistance to deformation at thermal treatment.

MAIN PART

To receive refractory clinker we gave preference to the following direction:

Synthesis of calcium silicates by adding magnesium natural hydro silicate (serpentine) to dolomite, which proceeds by the following reaction:



Three dolomite and two serpentine deposits of Georgia were investigated and their comparative study was performed [7].

Thermograms of dolomites from the above referred three deposits are given on Fig.1.

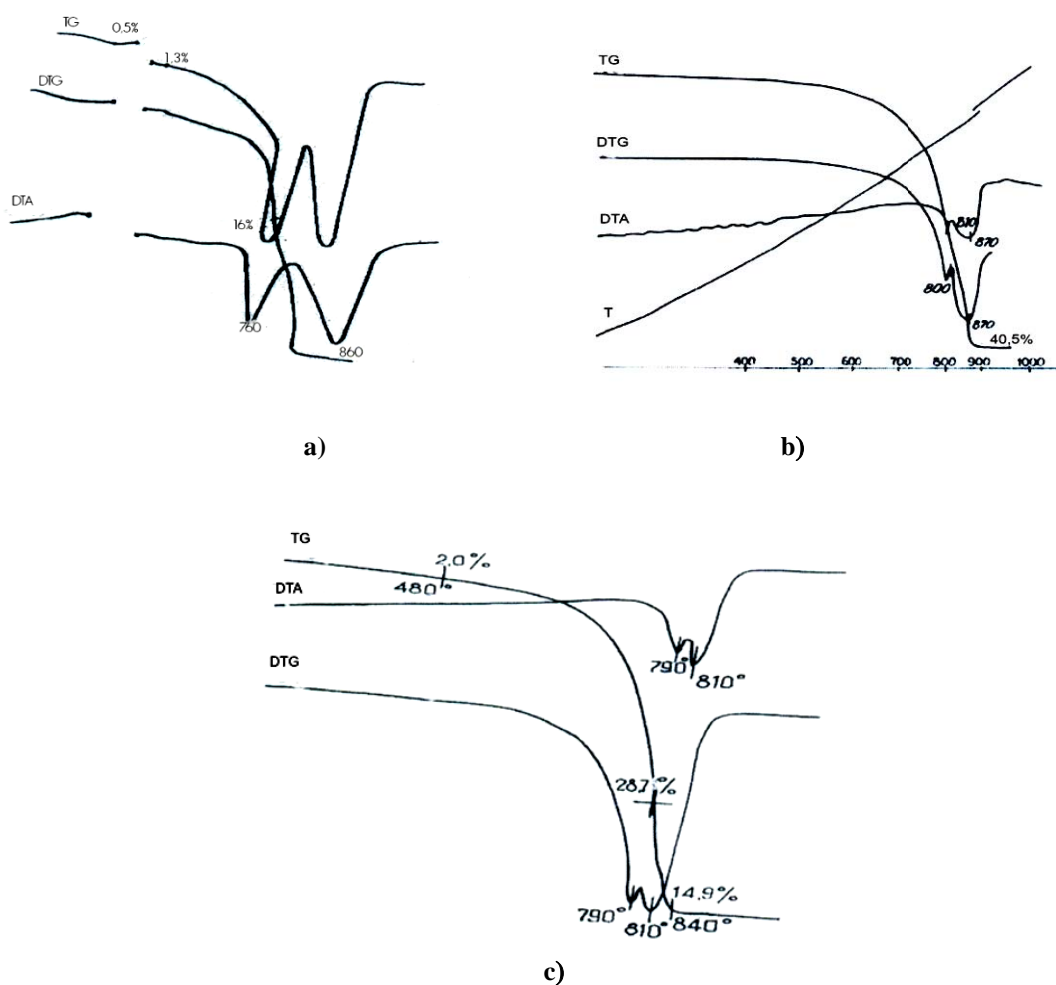


Fig. 1. Dolomite thermograms: a) Abano; b) Skuri; c) Mukhuri

All three thermograms show endo-effects characteristic to dolomite. Destruction proceeds according to the following reaction: $\text{Ca Mg}(\text{CO}_3)_2 = \text{MgO} + \text{CaO} + 2\text{CO}_2$.

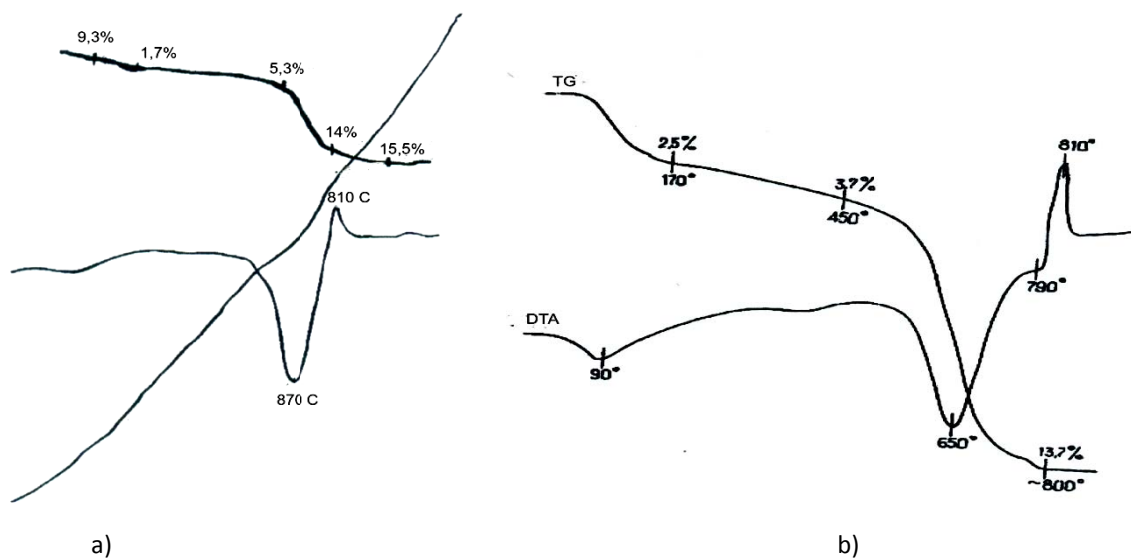


Fig. 2. Serpentinites thermograms: a) Tselisi; b) Sachkhere

Study of dolomites and serpentinites proves that they are fit for obtaining high refractory clinker. Studies can be performed by the application of serpentinite of both deposits and dolomite of those three deposits [8, 9,10].

We have computed the component ratio of a mix (dolomite, serpentinite) when $KH=0,85$ and $KH=0,95$ which correspondingly equals to 3:1 and 4/1.

Table 1

Chemical compositions of charge and clinker

Material	Ratio	Oxides, mass%; material							
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃	Humidity	Losses at calcination	Total
Dolomite-serpentinite mix,	3/1	10,92	0,68	23,91	23,84	1,69	0,09	38,86	100
	4/1	8,99	0,56	23,26	25,32	1,37	0,10	40,4	100
Dolomite-serpentinite clinker	3/1	17,89	1,11	39,16	39,05	2,77	-	-	100
	4/1	15,11	0,94	39,10	42,55	2,30	-	-	100

The Table offers theoretically computed chemical compositions of charge and clinker, at the values of coefficients of saturation $KH=0,85$ and $KH=0,95$.

Characteristics computed for mineral composition of clinker for $KH=0,85$ and $KH=0,95$ are given in Table 2.

Table 2

Computed characteristics of mineral compositions

clinker	KH	Minerals composition, mass %				
		C ₃ S	C ₂ S	C ₄ AF	C ₂ F	MgO
1	0,85	37,97	15,83	5,29	1,75	39,16
2	0,95	49,58	-	6,78	1,84	41,80

We studied clinkering and mineral formation processes during sintering of dolomite-serpentinite mix, according to temperature, by differential-thermal, X-ray diffraction, petrographic and electron-microscopic methods [11].

Composition of minerals created at sintering of dolomite-serpentinite and their amounts are offered.

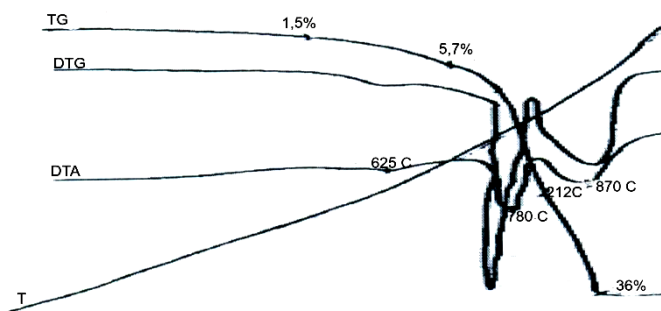
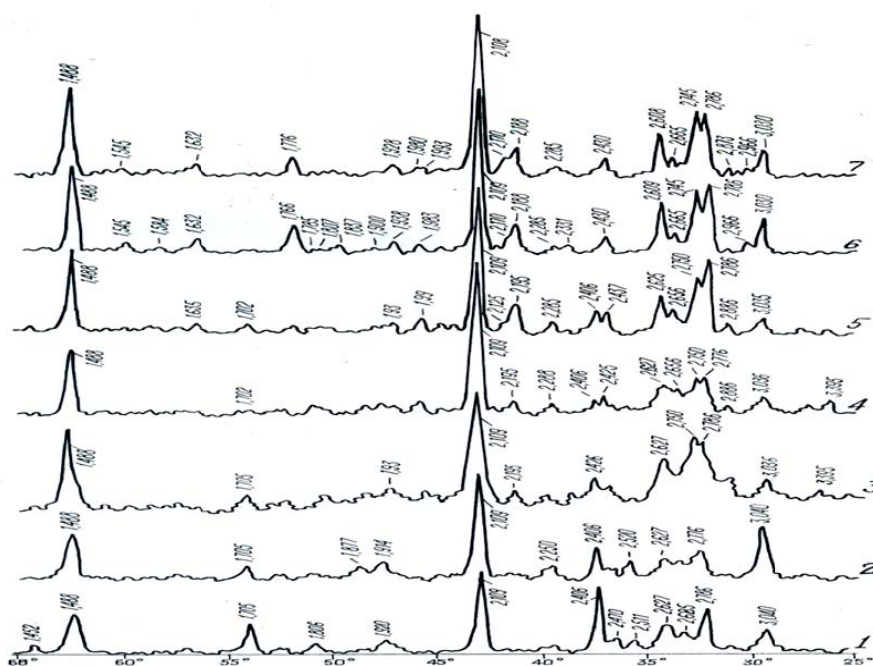


Fig. 3. Dolomite and serpentinite mix thermogram



Differential curve of the mix fixes all endothermic effects, which are characteristic for dolomite and serpentinite (625, 780 and 870°C).

Specimens sintered at 1200 and 1300°C contain definite quantity of crystalline periclase and calcium silicates, including C₂S. At the increase of temperature, at

1400 and 1450 °C it gradually decreases since C₂S interacts with free CaO, the peaks of which disappear and alit is formed. Respectively, intensity of peaks characteristic to it increases [12-14].

The diagram shows alit (C₃S), periclase and belit (C₂S).

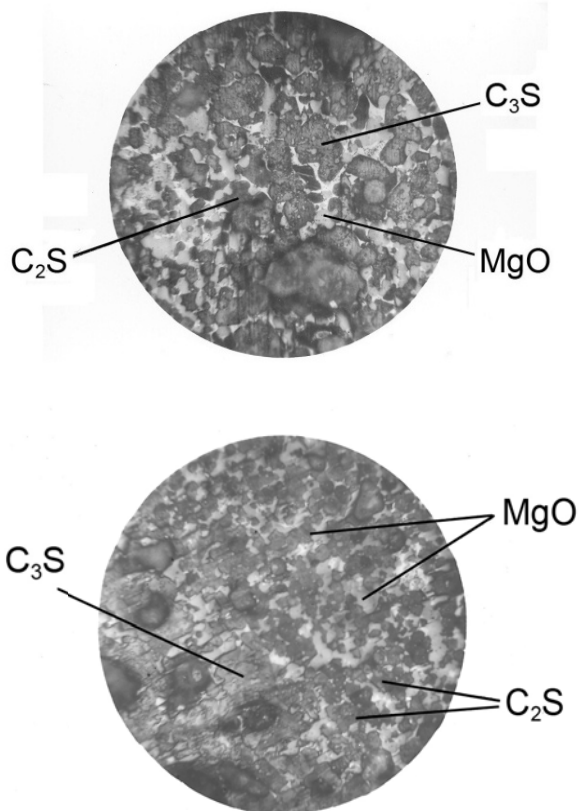


Fig. 5. Microstructure of clinker 1 sintered at 1450 °C

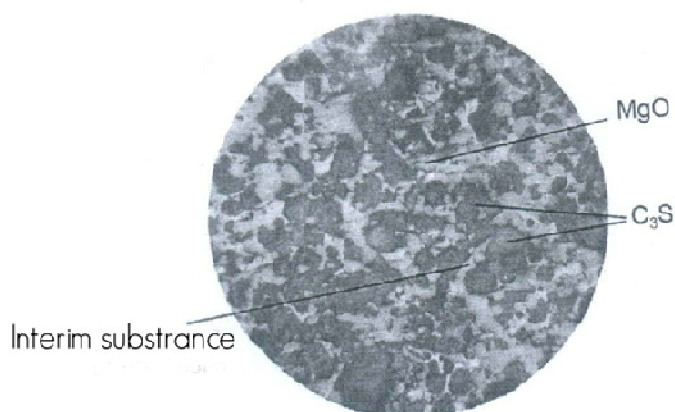
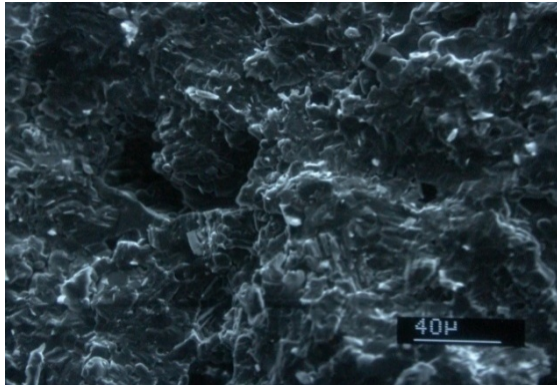


Fig. 6. Microstructure of clinker 2 sintered at 1450 °C Sintered clinker 2 consists of MgO and C₃S crystals

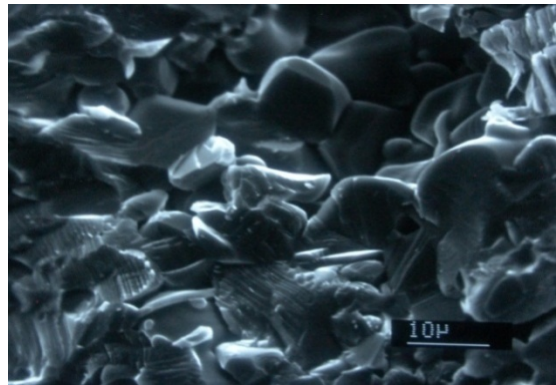
Fig. 6 shows well that clinker sintered at 1450 °C with 2 impregnation coefficient KH=0,95 mainly consists of MgO and C₃S crystals.

Thorough identification of crystalline phase is given on

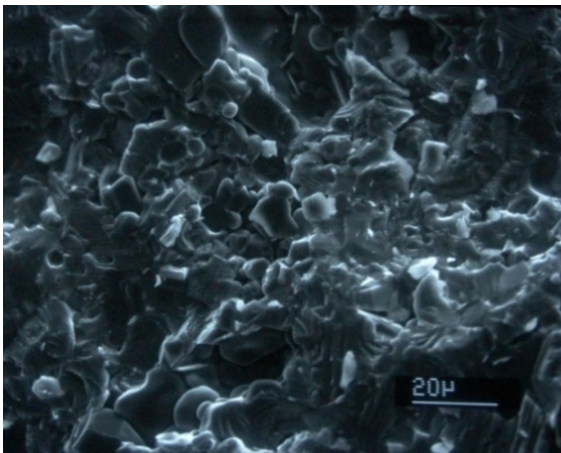
electron microscope pictures (Fig.7, 8). The main phases are observed in case of clinker 1: periclase, alit and belit. On the picture of clinker 2 there are no belit crystals.



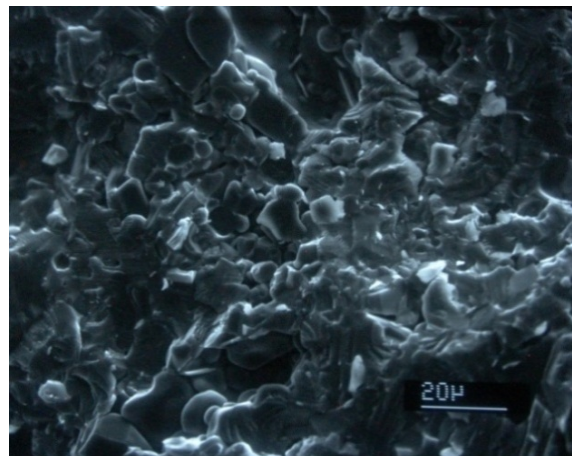
a) X1000



b) X2000



c) X3000



d) X3500

Fig. 7. Electron microscope pictures of clinker 1 sintered at 1450 °C, at various magnification:
a) X1000 b) X2000 c) X3000 d) X3500

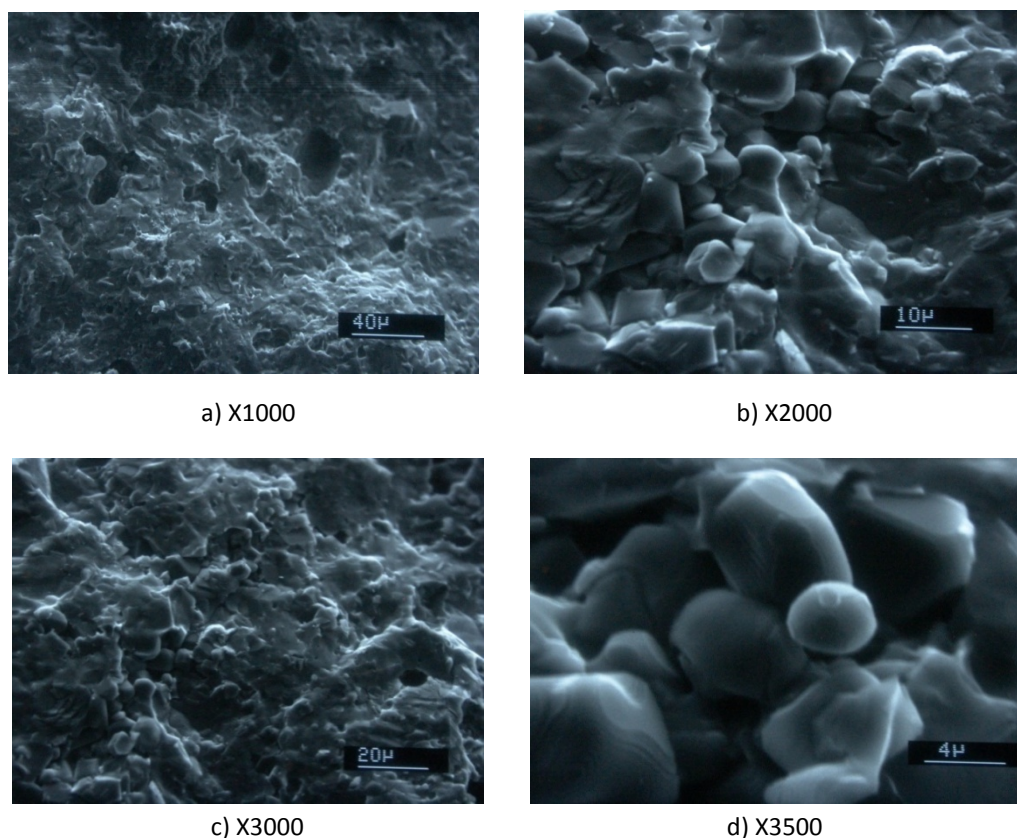


Fig. 8. Electron microscope pictures of clinker 2 sintered at 1450 °C, at various magnification: a) X1000 b) X2000 c) X3000 d) X3500.

At dolomite-serpentine sintering due to chemical interaction, periclase, alit and belit are generated (clinker 1). Periclase and alit (clinker 2).

In special literature we find various binders which are used in production of refractory materials [15,16].

For our experiments we selected the binders: 25% solution of magnesium sulphate, water solution of

technical lignosulphonates, methyl cellulose and polyvinyl alcohol. The best results were obtained at the application of magnesium sulphate and methyl cellulose solutions (Table 3, 4).

Effect of compaction pressure to clinker, quantity of nanopowder and the binder on the composite properties were studied. Results are given in Table 3.

Table 3

Physical-mechanical properties of specimens

N	Dolomite-serpentine ratio	Composition, %		Forming pressure MPa	Binder type and quantity,		Sintering temperature, T ^o C,	Water absorption, w%	open porosity, П%	apparent density p g/cm ³	strength limit at compaction, σ, MPa
		clinker	graphite		water	MgSO ₄					
D ₁	4/1	90	10	80	10	-	1450	6,28	14.50	2.93	180.70
D ₂	4/1	90	10	100	10	-	1450	5,72	13.80	3.05	192.60
D ₃	4/1	85	15	80	10	-	1450	5,35	13.00	3.00	198.30
D ₄	4/1	85	15	100	10	-	1450	5,20	13.00	3.26	209.70
D ₅	4/1	90	10	80	-	10	1450	6.12	14.10	3.26	187.30
D ₆	4/1	90	10	100	-	10	1450	5.00	12.90	2.98	200.8
D ₇	4/1	85	15	80	-	10	1450	4.40	12.40	3.09	206.50
D ₈	4/1	85	15	100	-	10	1450	4.31	12.10	3.53	181.20

Obtaining of wear-resistant structure composite depends greatly on adequate selection of carbon-containing admix [17]. By application of carbon-containing admix (graphite nanopowder) with clinker, and by adding of a binder (20% solution of magnesium sulphate) properties of clinker are improved and high-grade high refractory composite is formed.

Optimal is compaction pressure 100 MPa, added nanopowder quantity – 15% and a binder which can be magnesium sulfate solution or water.

Properties of a composite obtained by addition of graphite nanopowder, antioxidant (silicium) and binder (methyl cellulose) to the clinker are offered in Table 4.

Table 4

Physical-technical properties of a specimen

specimen number	Mix composition, mass %					Physical-technical characteristics				
	clinker	graphite	silicium	methyl cellulose	plastisizer	strength limit at compaction, σ , MPa	open porosity, Π %	apparent density, ρ gcm ³	refractoriness, °C	thermal stability, (1300°C-water),
dn1	100	-	-	8	0,8	312,70	13,20	3,05	>1770	7
dn 2	88,5	10	1,5	10	-	67,00	14,20	2,45	>1770	7
dn 3	82,7	15	2,0	10	-	101,40	13,80	2,99	>1770	7
dn 4	82,5	15	3,0	10	0,8	345,00	10,10	3,25	>1770	7

Final optimal composition is: clinker-binder-graphite-silicium-plasticizer.

As is seen from X-ray of the obtained composite (Fig. 9) it contains the same minerals as dolomite-serpentinite clinker.

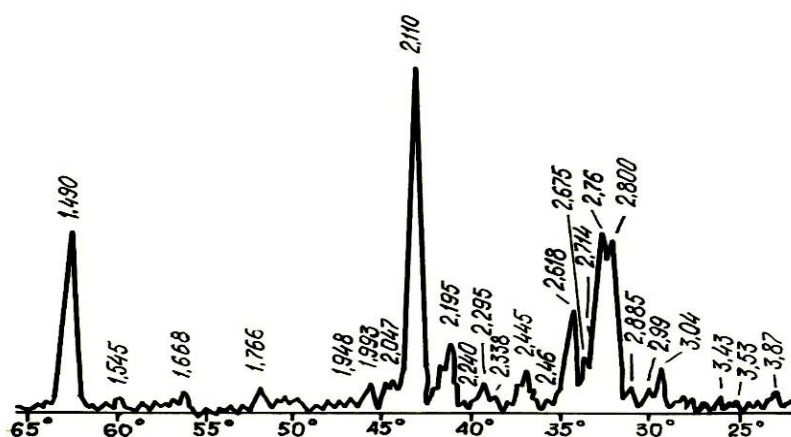


Fig. 9. Dolomite-serpentinite composite DN8 X-ray

Composite X-ray shows that it contains the same minerals as dolomite-serpentinite clinker (MgO, C₃S).

particular: periclase and alit, there are small number of belit inclusions too. Intermediate substances C₃A, C₂F and C₄AF are distributed nonuniformly in the composite.

Electron microscope Figure (10,11) of a composite DN8 specimen shows crystals of the main phases, in

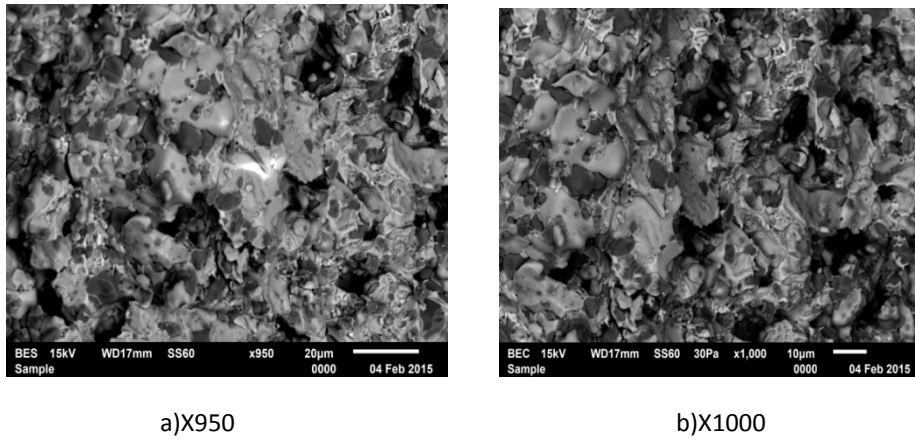


Fig. 10. Electron microscope pictures of dolomite-serpentinite composite at various magnification. a)X950 b)X1000

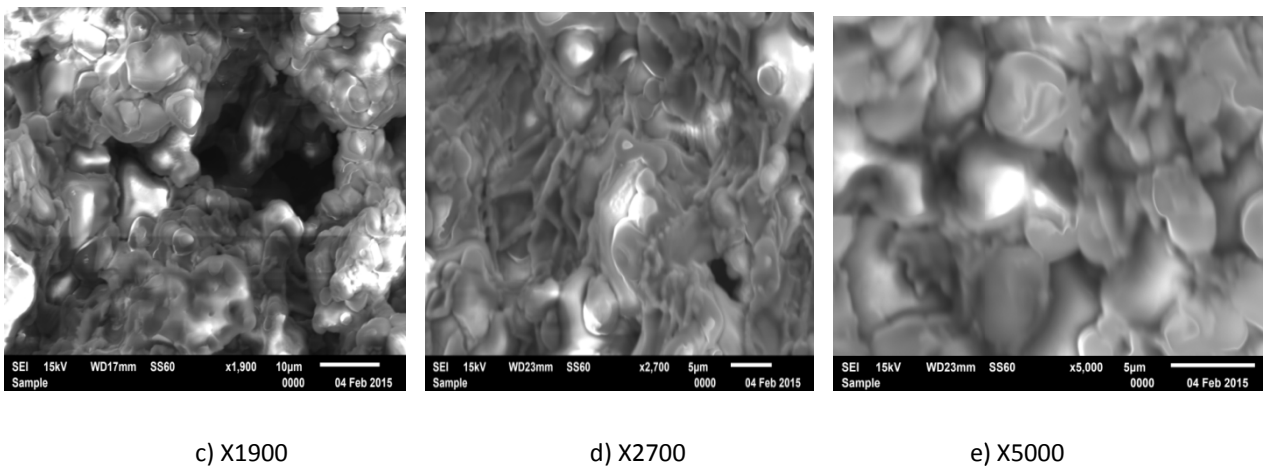
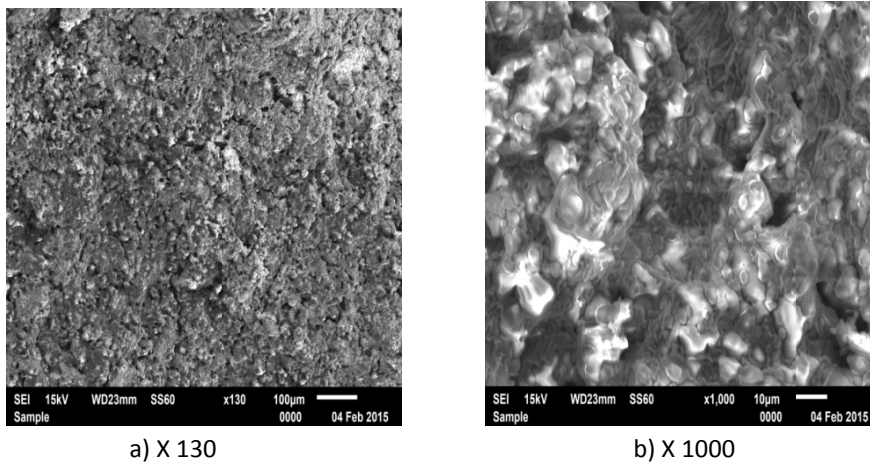


Fig. 11. Electron microscope pictures of dolomite-serpentinite composite at various magnification. a) X 130 b) X 1000 c) X1900 d) X2700 e) X5000

Figures 10 and 11 clearly show presence of two color minerals, which supports the data of X-ray diffraction analysis.

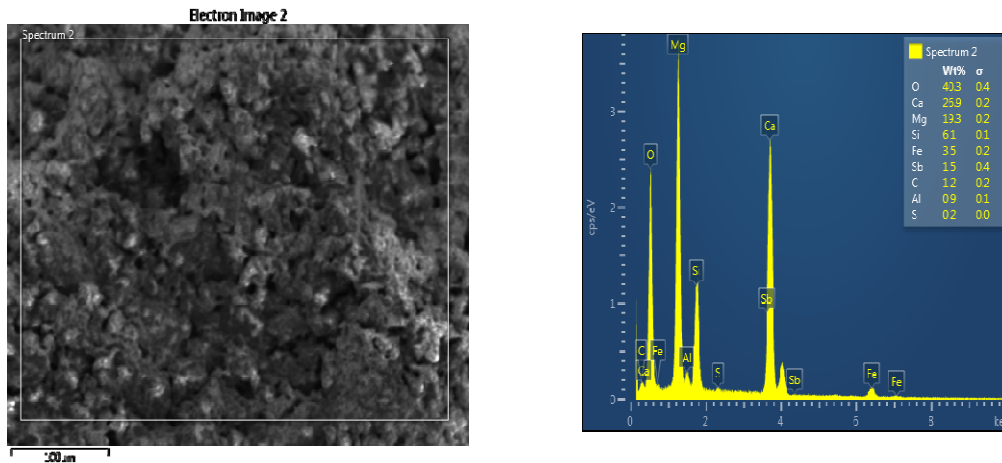
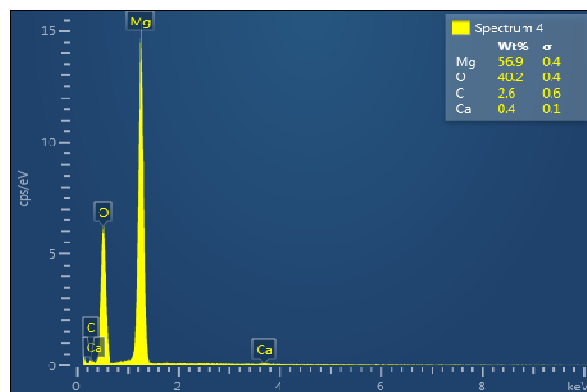
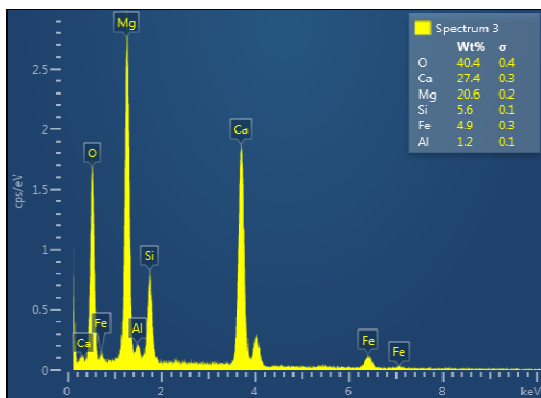
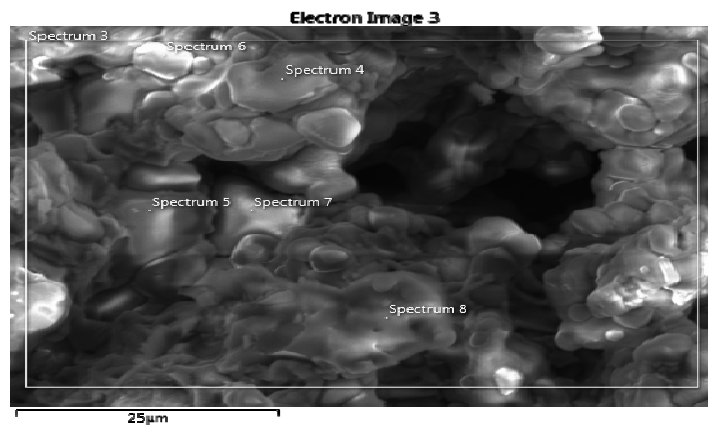


Fig. 12. Micro X-ray analysis of dolomite-serpentinite composite DN8.

Fig. 12 offers micro X-ray analysis of dolomite-serpentinite composite DN8 on the spectrum 2 section; scheme of constituent elements and their percentage. It shows that the constituent elements of the main

minerals of the composite, periclase and alit are: oxygen calcium, magnesium and silicium. Respectively, their percentage composition is as follows 40,3; 26,9; 19,3 and 6,1%.



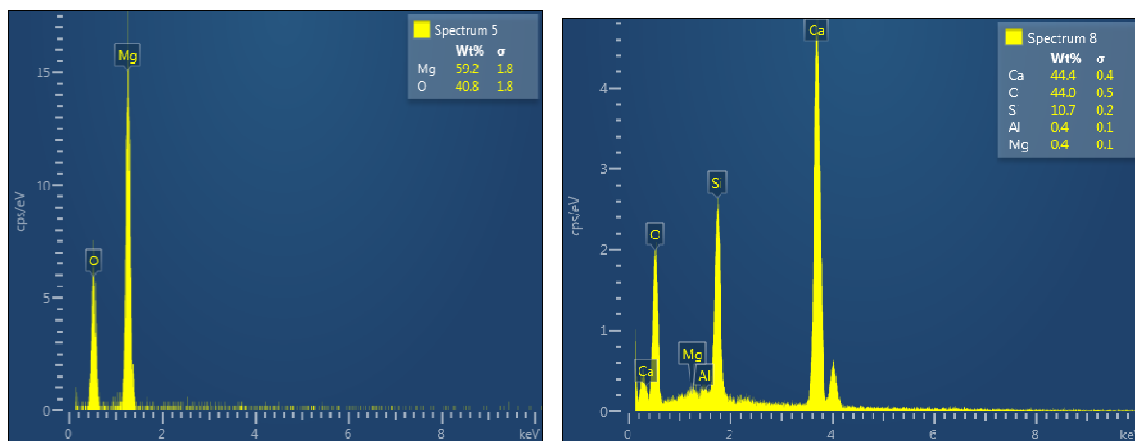


Fig. 13. Micro X-ray analysis of dolomite-serpentinite composite DN8

Schemes describing elements composition are given at relatively short sections of spectrum 4, 5 and 8, It offers graphic example about composition of constituent elements of the existing phases. Thus, e.g. spectrum 4 and 5 refer to percentage of elements Mg and O, while spectrum 8 shows percentage of elements which contain alit.

CONCLUSION

1. Dolomite and serpentinite deposits of Georgia, their resources, chemical and mineralogical composition have been investigated.
2. Dolomite and serpentinite ratios 3:1 and 4:1 were selected for saturation coefficient KH (KH=0,85 and KH=0,95) and theoretically desirable mineralogical composition was computed.
3. Physical-technical properties of the obtained specimens were studied; it was proved that the best physical-technical indices were obtained at dolomite-serpentinite ratio 4:1. Optimal sintering temperature equals to 1450°C and standing at the final temperature - 4 hours.
4. Physical-chemical processes going on at the sintering at 900-1450°C of specimens obtained by the ratio 3:1 (clinker1) and 4:1 (clinker2) were studied by X-ray diffraction analysis.
5. At the 4:1 ratio of a mix thorough binding takes place by the formation of C3S through interaction of CaO obtained as a result of dolomite degradation with serpentinite SiO2 and by sintering of a mix at 1400-1450°C.

6. Chemical and mineralogical composition of dolomite-serpentinite clinker has been studied. High quality well baked composite clinker of desired/focused phase composition was obtained, which was proved by petrographic and electronic-microscope analysis
7. Effect of a binder on composite properties was studied. Methyl cellulose was used as a binder.
8. Gunite, characterized by high physical and technical properties was obtained.
9. Effect of carbon-containing admixes was studied on physical-technical properties of the composite.
10. Graphite nanopowder, mark TIMREX KS 6 was used as carbon-containing admix, methyl cellulose solution was used as a binder and as a result carbon-containing composite was obtained that was characterized by high operation properties.
11. Studies were performed to determine effect of changes of forming pressure and added graphite nanopowder quantity on composite properties. Optimal is the forming pressure 100 MPa, quantity of graphite nanopowder admix 15%.
12. To prevent carbon oxidation the antioxidant silicium was introduced into the charge and sintering regime was selected. Simultaneously complex-action plasticizer was added to the charge and it was proved that on the base of the obtained clinker it was possible to prepare high refractory carbon-containing composite to replace costly magnesite refractory materials used in sintering zones in cement furnaces and as beddings in metallurgical furnaces.

References

1. U.V. Bongers, Y.J. Stradmann. Dolomia, la solocion paza la zona de sintezizacion de los hoznos zotativos de cemento/ cem.- hozmigon. 2000. 71, № 806, pp.62-71. (In English).
2. I. Novitskaya Batsevochus, J. Blasenko, I. Belov. Obtaining of heat resistant concrete on the base of periclase-alit clinker. Materials of 12 International Scientific-Practical Seminar (Minsk, November, 2001) Minsk: Strinko, 2001, pp.109-116. (In Russian).
3. Patent RB for invention № 6910, Dolomite refractory, 27.12.2001.
4. A. Tereshchenko, D. Margulis. For the issue of obtaining refractory objects on the base of dolomite. Collection of works of Ukrainian Inst. Refractory, 1970. 44. p.44. (In Russian).
5. Z. Kovziridze, N. Nizharadze, M. Balakhashvili, M. Mshvildadze. Obtaining of super high refractory clinker on the base new deposits of dolomite and serpentinite. Materials of International Scientific-Practical Conference. Kutaisi, 2013, 6-7 June, pp.285-288. (In Georgian).
6. Z. Kovziridze, N. Nizharadze, D. Gventsadze, M. Balakhashvili. Study of Skuri deposit dolomite to obtain high refractory composite. Ceramics, 1(18), Tbilisi, 2008, pp.10-12. (In Georgian).
7. T. Dolgikh, A. Karklit, etc., Dolomites of Alekseevsk origin. M., Metallurgy, Refractories.1992, №6, pp.16-19. (In Russian).
8. Z. Kovziridze, N. Nizharadze, D. Gventsadze, M. Balakhashvili. Study of dolomite from the Skuri deposit for receiving high refractory composite, 1st International Conference for Students and Young Scientists on materials Processing Science, October 10-13, 2010, Tbilisi, Georgia. pp.162-168. (In Georgian).
9. Z. Kovziridze, N. Nizharadze, M. Balakhashvili, M. Mshvildadze. Dolomites and serpentinites of Georgia for production of refractory materials, Journal of Georgian Ceramists Association "Ceramics", 2 (30), 2013, pp. 10-14. (In Georgian).
10. A. Grebenyuk. High-refractory resistant dolomite clinker and articles made of it. Collection of works of SRI Refractories and Acid-proof Materials. M., 2000, pp. 51-60. (In Russian).
11. Z. Kovziridze, N. Nizharadze, M. Balakhashvili, E. Nikoleishvili, M. Mshvildadze. Processes of sintering and mineral formation at firing of dolomite and serpentinite mix Journal of Georgian Ceramists Association "Ceramics", 2(28)2012, 1(29)2013 pp.77-86. (In Georgian).
12. Z. Kovziridze, N. Nizharadze, M. Balakhashvili, M. Mshvildadze. Obtaining of high refractory clinker of the base of new deposits of dolomite and serpentinite. Materials of International Scientific-Practical Conference, Kutaisi, 2013, 6-7 June, pp. 285-288. (In Georgian).
13. I. Kashcheev. etc., Internet and Engineering, 2000, pp.663. (In Russian).
14. Invention application to the National Center of Intellectual Property RB №a20020794 of 30.09.2002. (In English).
15. V. Borisov, I. Prokhorova, Yu. Rodgolts, M. Metallurgy. Refractories, 1986, №10. pp. 3-6. (In Russian).
16. Yu. Sagalevich, V. Borisova, E. Shapiro, M., Metallurgy, Refractories, 1986, №8. pp. 4-9. (In Russian).
17. I. Glushenko, O. Dolgikh. etc., On feasibility of production of periclase-carbonaceous articles by the use of petroleum hydrocarbon materials, M.: Metallurgy, 1991, №12, pp. 21-23. (In Russian).

UDC 666.946.6
SCOPUS CODE 2501

ბრაზიტის ნანოფხვნილის გავლენა CaO-MgO-SiO₂ სისტემის კომპოზიტიზაციაში და მეტალურბიული ღუმლების მაღალტემპერატურული ამონაბეზისათვის

- ზ. კოვზირიძე** ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: kowsiri@gtu.ge
- ნ. ნიჟარაძე** ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: nizharadzenatela@yahoo.com
- მ. ბალახაშვილი** ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: maia-balakhashvili@mail.ru
- ზ. მესტვირიშვილი** ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: zviad.mst@gmail.com

რეცენზენტები:

- თ. ჭეიშვილი**, სტუ-ის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტის პროფესორი
E-mail t.cheishvili@gtu.ge
- ჯ. ანელი**, რ. დვალის მანქანათა მექანიკის ინსტიტუტის მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი
E-mail: jimaneli@yahoo.com

ანოტაცია: ჩატარებულია საქართველოს დოლომიტების სამი საბადოს (აბანო, სკური, მუხური) და სერპენტინიტების (წნელი, საჩხერე) შედარებითი კვლევა, ვარგისობის დადგენის მიზნით, მაღალცეცხლგამძლე კლინკერის მისაღებად. კვლევა ჩატარებულია ქიმიური, თერმული და რენტგენოსტრუქტურული ანალიზის მეთოდებით. შესწავლილია დოლომიტ-სერპენტინიტური კომპოზიტი ნახშირბადშემცველი დანამატისა და შემკვრელის გამოყენებით. ნახშირბადშემცველი დანამატის სახით შევარჩიეთ TIMREX KS 6 მარკის გრაფიტის ნანოფხვნილი, შემკვრელად – MgSO₄-ის 20%-იანი ხსნარი. შევისწავლეთ მათი გავლენა კომპოზიტის ფიზიკურ-ტექნიკურ თვისებებზე, ასევე ამ თვისებებზე დანამატის რაოდენობისა და დაყალიბების წნევის ცვლილების გავლენა. კომპოზიტის შემცველი ნახშირბადის დაჟანგვის თავიდან აცილების მიზნით კაზმში ანტიდამუანგავის სახით შევიყვანეთ სილიციუმი და შევარჩიეთ გამოწვის რეჟიმი. ასევე კაზმში შევიყვანეთ კომპლექსური მოქმედების პლასტიფიკატორი. კვლევა ჩატარდა დიფერენციულ-თერმული და ელექტრონული მიკროსკოპიის ანალიზის მეთოდით. ოპტიმალურად შეიძლება ჩაითვალოს დაწნევის წნევა 100 მგპა, დამატებული 15% გრაფიტის ნანოფხვნილი, შემკვრელი შეიძლება იყოს მაგნიუმის სულფატის 20% ხსნარი და წყალი, რადგან ამ უკანასკნელის გამოყენების შემთხვევაშიც მიიღება დამაკმაყოფილებელი შედეგი.

საკვანძო სიტყვები: დანამატი; დიფერენციალურ-თერმული ანალიზი; დოლომიტ-სერპენტინიტური კომპოზიტი; ელექტრონული მიკროსკოპია; შემკვრელი; წარმოების ტექნოლოგიური სქემა.

UDC 666.946.6

SCOPUS CODE 2501

ВЛИЯНИЕ НАНОПОРОШКА ГРАФИТА НА СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ В СИСТЕМЕ CaO-MgO-SiO₂ ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ФУТЕРОВКИ ЦЕМЕНТНЫХ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ

- Ковзиридзе З.Д.** Департамент химической и биологической технологий, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава 69
E-mail: kowsiri@gtu.ge
- Нижарадзе Н.С.** Департамент химической и биологической технологий, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава 69
E-mail: nizharadzenatela@yahoo.com
- Балахашвили М.И.** Департамент химической и биологической технологий, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава 69
E-mail: maia-balakhashvili@mail.ru
- Мествиришвили З.З.** Департамент химической и биологической технологий, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава 69
E-mail: zviad.mst@gmail.com

Рецензенты:

Т. Чеишвили, Профессор Департамента химической и биологической технологий факультета химической технологии и металлургии ГТУ

E-mail: t.cheishvili@gtu.ge

Дж. Анели, гл. научный сотрудник, к.т.н., профессор Института механики машин им. Двали

E-mail: jimaneli@yahoo.com

АННОТАЦИЯ. Проведено исследование трех месторождений грузинских доломитов (Абано, Скури, Мухура) и серпентинитов (Цнелиси, Сачхере) для установления их пригодности с целью получения высокоогнеупорного клинкера.

Использованы химический, термический и рентгеноструктурный методы исследования.

Исследован доломит-серпентинитовый композит с использованием связки и углеродосодержащей добавки. В качестве углеродосодержащей добавки использован графитовый нанопорошок марки TIMREX KS 6, а для связки – 20%-ный раствор MgSO₄. Изучено влияние добавок и давления прессования на физико-технические свойства полученного композита.

Для устранения окисления углерода в смеси композита в качестве антиоксиданта использован силиций и выбран режим обжига. В смесь введен также пластификатор комплексного действия. Установлено, что на основе доломит-серпентинитового клинкера возможно получить высокоогнеупорный углеродосодержащий композит с высокими физико-техническими показателями. Составлена технологическая схема производства этого композита.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дифференциально-термический анализ; добавка; доломит-серпентинитовый композит; связка; технологическая схема производства; электронная микроскопия.

UDC 666. 762.93

SCOPUS CODE 2501

APPLICATION OF ALUM-THERMAL AND NITROGEN METHODS FOR OBTAINING NANO-COMPOSITES IN THE SYSTEMS OF SiC-SiAlON AND Al₂O₃-SiAlON

- Z. Kovziridze** Department of Chemical Technology and Biotechnology, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: kowsiri@gtu.ge
- N. Nizharadze** Department of Chemical Technology and Biotechnology, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: nizharadzenatela@yahoo.com
- G. Tabatadze** Department of Chemical Technology and Biotechnology, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: gulnazitabatadze@yahoo.com
- Z. Mestvirishvili** Department of Chemical Technology and Biotechnology, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: zviad.mst@gmail.com
- N. Darakhvelidze** Department of Chemical Technology and Biotechnology, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: darakhvelidzenino3@gmail.com

Reviewers:

- G. Loladze**, Professor, Department of Chemical Technology and Biotechnology, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, GTU
E-mail: g.loladze@gtu.ge
- J. Aneli**, Chief Researcher, R.Dvali Institute of Machine Mechanics, Doctor of Technical Sciences
E-mail: jimaneli@yahoo.com

ABSTRACT. Purpose. By the reactive baking method at 1450⁰C on the base of geopolymer (kaolin), aluminum nano-powder, silicium, aluminum oxide, silicon carbide with little admixes of yttrium oxide, magnesium oxide and glass perlite (Aragac, Armenia), was obtained SiAlON-containing nano-composite. **Methods.** Composite was obtained by the reactive baking method at 1450⁰C through the alum-thermal and nitrogen process in the nitrogen medium. **Results.** The advantage of this method is that compounds, which are newly formed thanks to interaction going on at thermal treatment: Si₃N₄, Si, AlN are reactive, which contributes to SiAlON formation at relatively low temperature of 1300–1350⁰C. It is evident

that inculcation of α - Al₂O₃ and AlN in crystal skeleton of β-Si₃N₄ is easier since at this temperature interval crystal skeleton of Si₃N₄ is still in the process of formation. It should also be stated that strength and wear resistance of SiAlONs increase in their presence in silicium carbamide and corundum containing composites. The paper offers processes of formation of SiC-SiAlON and Al₂O₃-SiAlON and β-SiAlON composites and describes their physical and technical properties. Open porosity of the obtained materials equaled to 15-16 %. **Conclusion.** Materials consisted of only SiAlONs. To receive compact materials the composites were grinded in planetary mill for eight hours, then cleaned from admixtures and the obtained powder was hot-pressed at 1750⁰C under 25

MPa. Standing time at final temperature equaled to seven min. The results of sample testing: Density, $g/cm^3=3.24$; Thermal expansion coefficient, $1/grad 10^{-6}(800)=2.7-3.0$; Hardness, HRA=94, HV=18 GPa; Flexural Strength, 500–550 MPa. Phase composition of the composites was studied by X-ray diffraction method, while the structure was studied by the use of optic and electron microscope. Obtained materials are used in protecting jackets of thermo couples used for melted metal temperature measuring (18–20 measuring) and for constructions used for placing objects in factory furnaces, and for cutting ceramics.

KEY WORDS: melted metal temperature measuring; nano-composite; syalon (SiAlON); hot pressing.

INTRODUCTION

Our work pursued to obtain SiAlON-containing composites by reactive sintering, on the basis of silicium carbide and corundum. This method enables us to obtain desirable phase composition material and such materials possess properties of the hot-pressed objects. In the process of obtaining SiAlON by reaction sintering, sintering temperature is sharply decreased at the application of active materials, in our case we had to select materials which would enable us to use newly formed components obtained by the method of reactive sintering, since at the obtaining of solid solution of SiAlON inculcation of $\alpha-Al_2O_3$ and AlN in $\beta-Si_3N_4-Si$ is especially simplified when its crystalline lattice is still in the process of formation.

Therefore we gave preference to silica alumina material kaolin, aluminium powder and elemental silicium. Intense progress of science and technology demands perfection of various branches of industry, which in its turn is connected with the necessity of creation of new materials characterized by hetero modular properties. Taking into consideration the practical experience in materials science, an advantage of carbides, borides, nitrides and silicides over other type materials were proved, since hardly melted materials are distinguished by precious properties such as: high refraction, corrosion resistance to a number of aggressive media, high mechanical characteristics, specific electro and heat-physical properties and others [1]-[6].

Among the oxygen free hardly melted materials silicium carbide and silicium nitride based materials are distinguished, which by their unique physical-technical and chemical properties are widely used in modern technology: machine-building, chemical, atomic energy, petroleum refining industries etc. [7]- [14].

Intense work is in progress in recent years in the sphere of obtaining types of ceramics in which properties of oxygen-free substances and oxygen substances will be fused and SiALON are namely such materials [15]-[18].

MAIN PART

Geopolymer, aluminium powder, silicium, silicium carbide, aluminium oxide were used as starting materials, and manganese and yttrium oxides, pearlite and refractory clay were used as additives. Blend compositions are given in Table 1.

Table 1

Blend compositions

Composite index	Initial component composition, mass. %								
	kaolin	Al	Al ₂ O ₃	SiC	Si	Pearlite, Armenia	Y ₂ O ₃	MgO	Polog clay, Ukraine
SN-1	80.00	20.00							
SN-2	20.00	10.00		70.00					
SN-3	20.00	10.00	70.00						
SN-6	18.52	18.52	18.52	18.52	20.37	2.78	1.85	0.92	
SN-7	13.89	23.15		27.78	25.00	2.78	1.85	0.92	4.63
SN-8	13.89	23.15	27.78		25.00	2.78	1.85	0.92	4.63

Specimens were made of cylindrical form, size d-15 mm, by semi-dry molding method, molding pressure was 20 MPa. After drying it was sintered in a furnace, by one hour standing at the final temperature. Device for sintering for the specimens consisted of a furnace equipped with silicium carbide heaters, mark TK 30/200.

We have studied physical-chemical properties of specimens sintered at 1500°C (Table 2). As is seen from

the Table 2, C₇, then C₆ and C₈ are distinguished by high physical-technical properties. Open porosity, correspondingly equals to 15,2, 15,0 and 15,4 % . Hardness limit at compaction is 258, 256 and 254 MPa, which refers to the fact that 1500°C is not enough for complete hardening. Despite this, chemical resistance to water and acid (H₂SO₄ ρ=1.84) is still high. Refractoriness of specimens equals to 1770°C.

Table 2

Physical-technical characteristics of specimens sintered at 1500°C

Composite index	Open porosity w,%	Hardness limit at compaction, MPa	Density, ρ, g/sm ³	Chemical resistance, %	
				Water	Sulfuric acid, ρ 1.84
SN-1	16.2	230	2.28		
SN-2	15.0	245	2.8	99.41	99.16
SN-3	16.0	240	3.2	99.36	99.15
SN-6	15.0	256	2.25	99.82	99.20
SN-7	15.2	258	2.31	99.79	99.25
SN-8	15.4	254	2.78	99.80	99.30

To investigate physical-chemical processes taking place at SiAlONs obtaining the specimens were sintered in 800–1500 °C temperature interval and the inves-

tigation was carried out by X-Ray diffraction analysis. X-Ray patterns are given on Figure1.

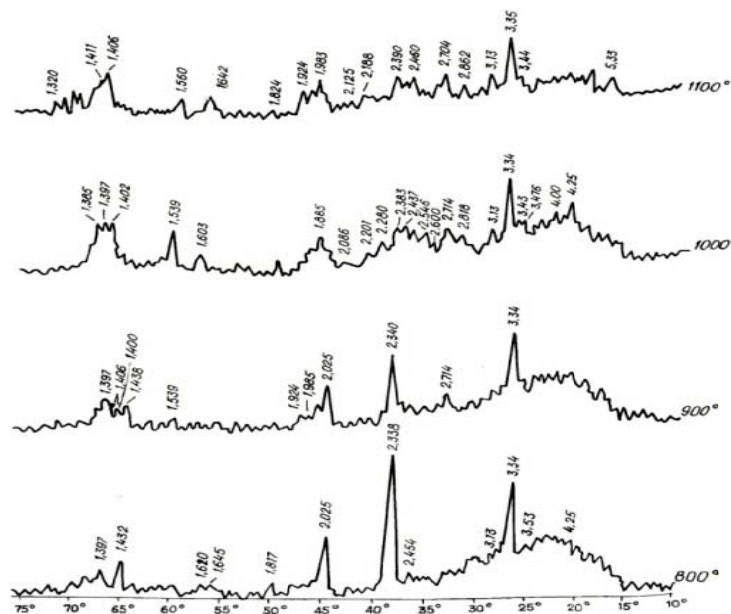


Fig.1. X-Ray patterns of SN-1 composite (800-1100 °C)

X-Ray diffraction analysis of sintered SN-1 specimens was carried out at 800–1500 °C by 100°C interval.

X-Ray pattern at 800 °C shows clearly cut diffraction maximums characteristic to aluminium, silicium and

quartz. At 900–1000°C temperature interval peaks characteristic to aluminium and SiO₂ are sharply decreased, new phases are formed as a result of interaction of AlN and AlON nitrogen and aluminium.

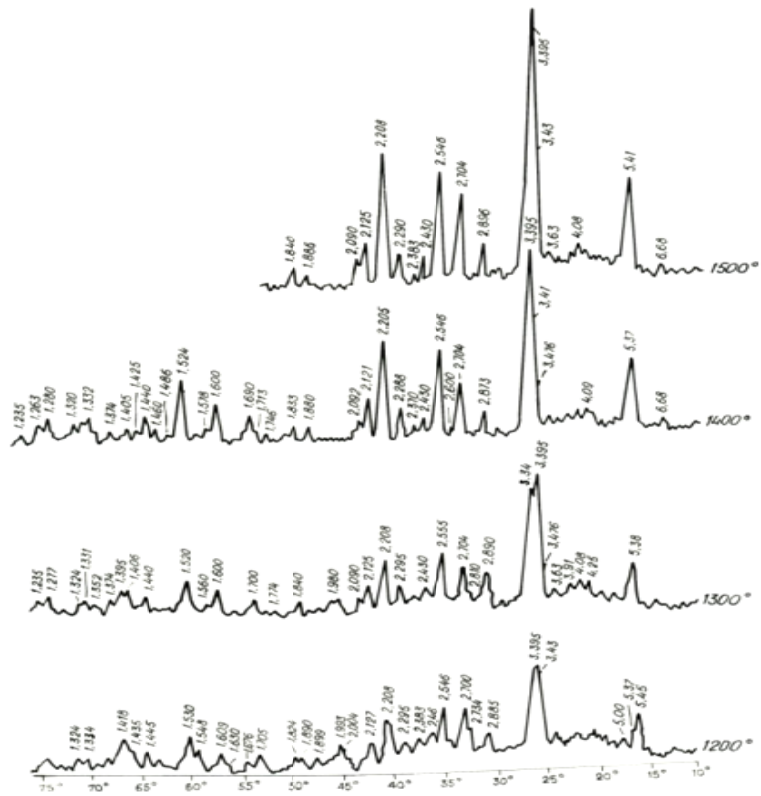


Fig. 2. SN-1 composite X-RAY (1200–1500°C)

At 1100–1200°C interval intensity of aluminium diminishes and intensity of AlN and AlON increases.

Intensity of SiO₂, sharply decreases. At 1200°C there are no peaks of Si and SiO₂. Peaks characteristic to mullite appear.

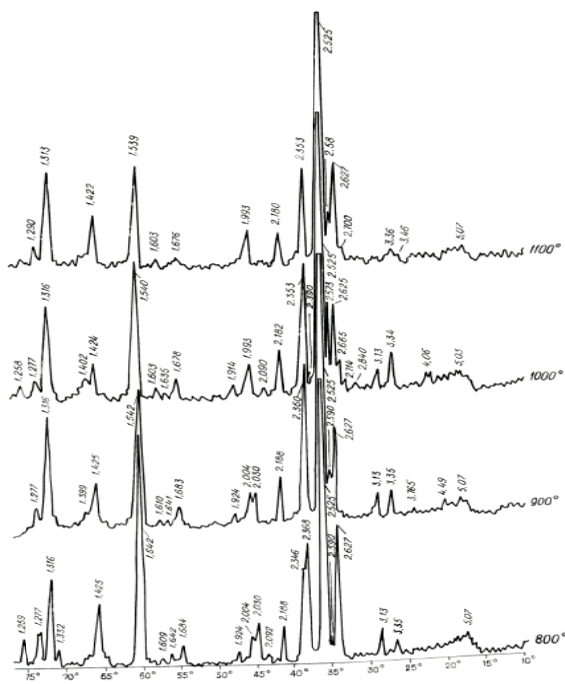


Fig. 3. SN-2 composite X-RAY (800–1100°C)

At 1300–1400°C (Fig. 2) the main phase is mullite. Quartz is presented in the form of AlN and AlON and peak characteristic to Si₃N₄ is not observed. The same picture is seen at 1500°C, which refers to the fact that at 1300°C X-SiAlON of mullite structure was formed [19]-[20].

In the X-Ray patterns of SN-2 composition (Table 1)

in the specimens sintered up to 800–1500°C at 100°C interval, silicium carbide that was introduced into blend remains unchanged at all temperatures. As seen from the SN-1 specimens, here again as at 800–900°C (Fig.3) there are diffraction maximums characteristic to aluminium, silicium and SiO₂.

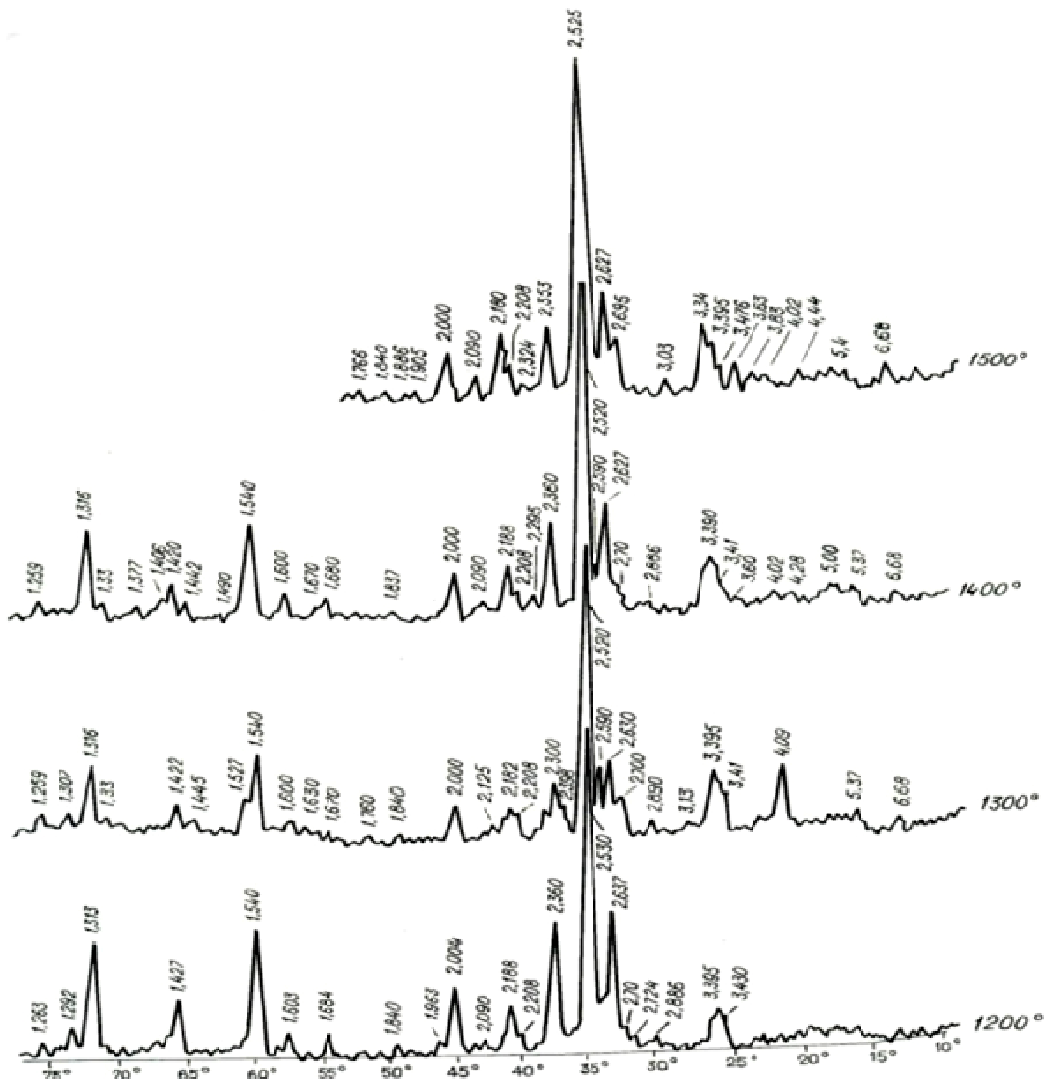


Fig. 4. SN-2 composite X-RAY (1200–1500°C)

At 1000–1100°C new phases were formed: AlN and AlON, while at 1100°C - mullite. At all other temperatures phase formation proceeded by the scheme similar to that of SN-1, but with less intensity, depending on the composition. Thus silicium carbide composite with X-

SiAlON binder is obtained (Fig.4). Similar to SN-1 and SN-2 chemical processes in SN-3 composition specimens (Table 2) proceeds by the same scheme (Fig.5–6). α-Al₂O₃ remains unchanged to the end and the composite corundum with X-SiAlON binder is obtained.

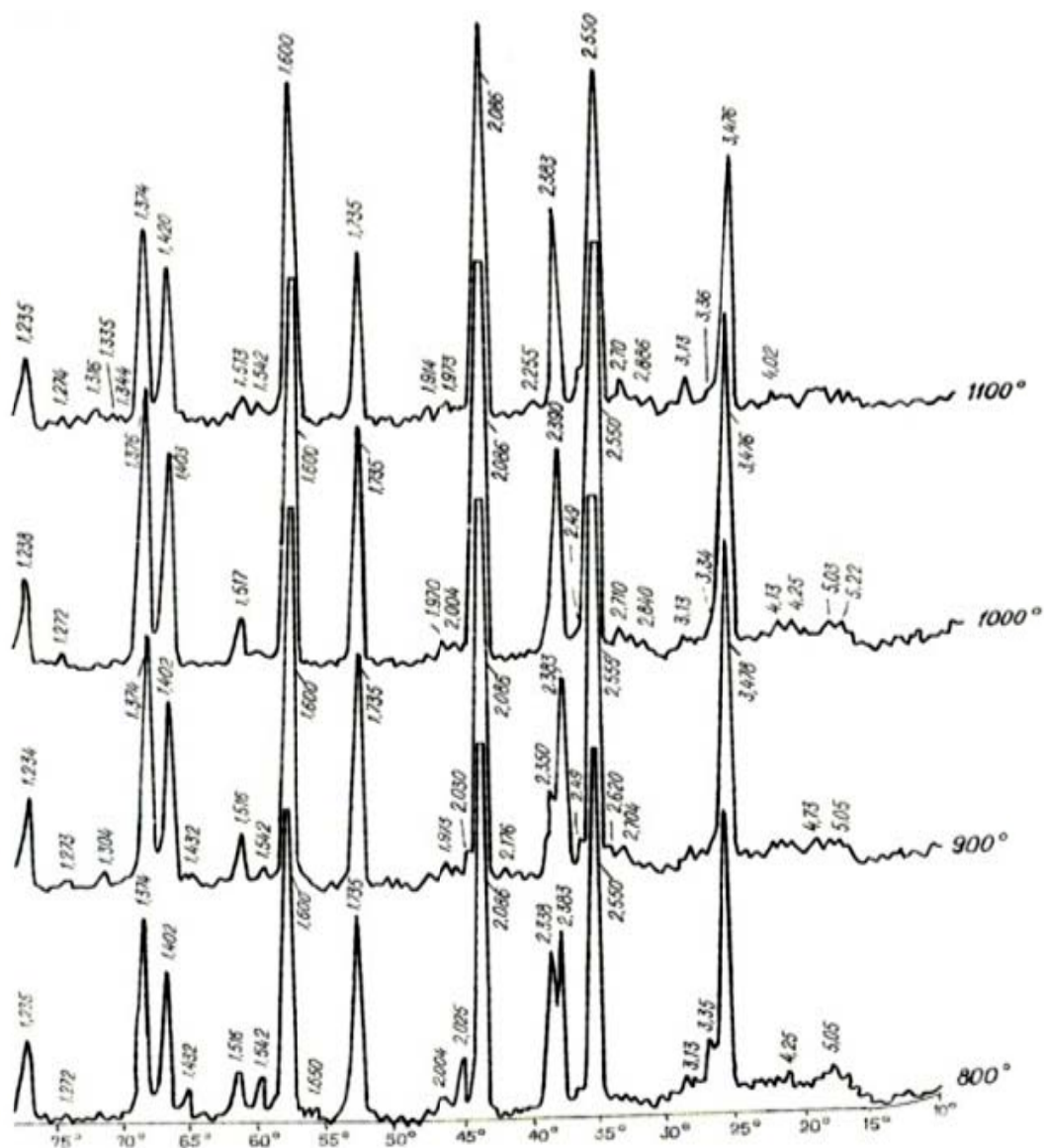


Fig. 5. SN-3 composite X-Ray (800–1100°C)

On the grounds of the obtained results, to obtain SiC and α -Al₂O₃-containing SiAlON composites, we introduced into charge composition, metallic silicon, silicon carbide in smaller amount and α -Al₂O₃ (Table 1: SN-6, SN07, SN-8). X-Ray patterns of three composites (SN-6,

SN-7, SN-8) sintered at 1500°C are offered on Figures 7,8, 9 . SN-6 composite mainly consists of β -SiAlON [21]- [25]. It showed diffraction maximums characteristic to carbide and corundum.

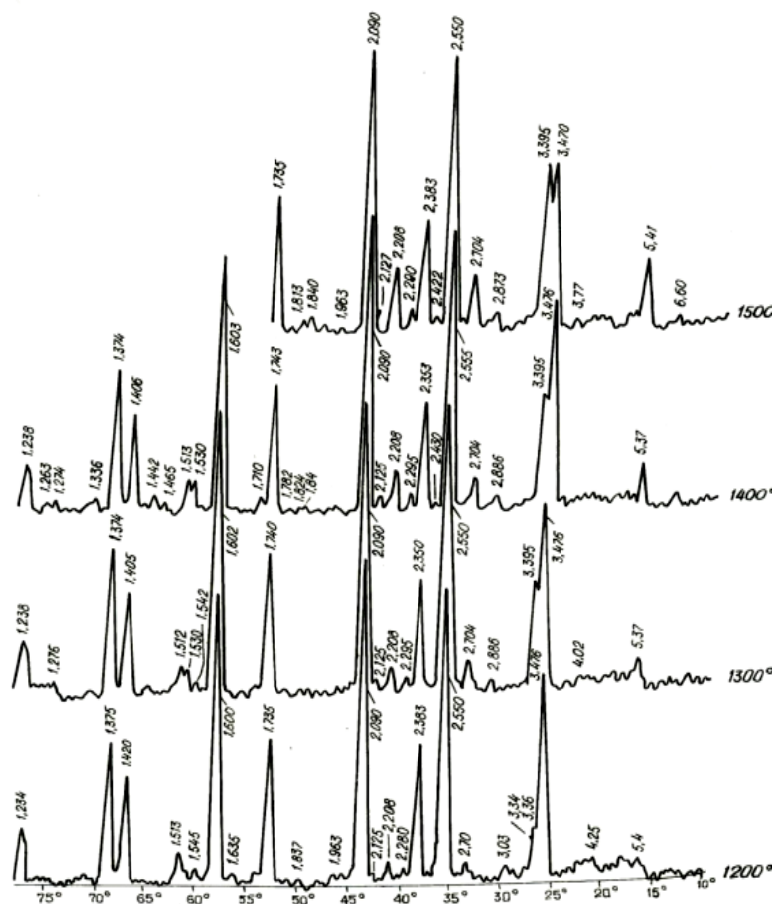


Fig.6. SN-3 composite X-Ray (1200–1500°C)

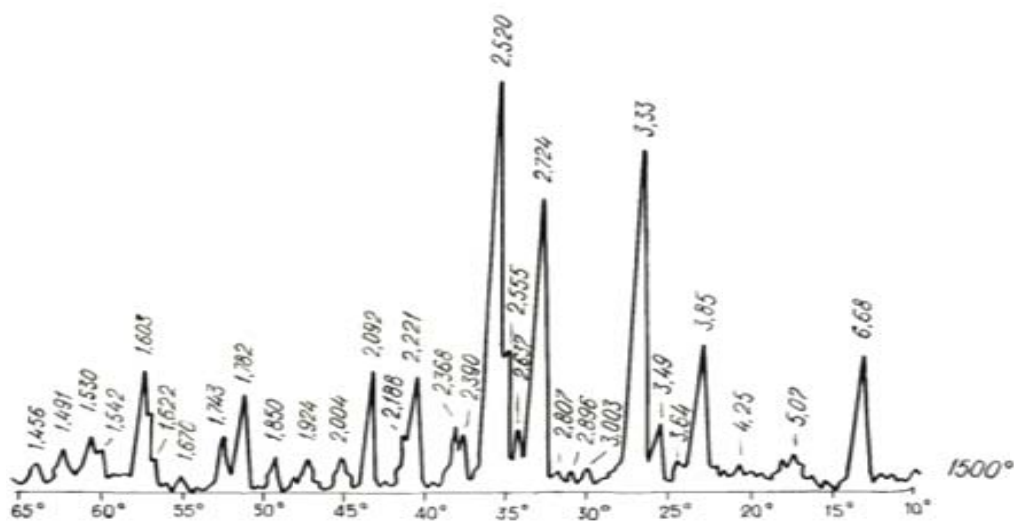


Fig. 7. SN-6 composite X-RAY (1500°C)

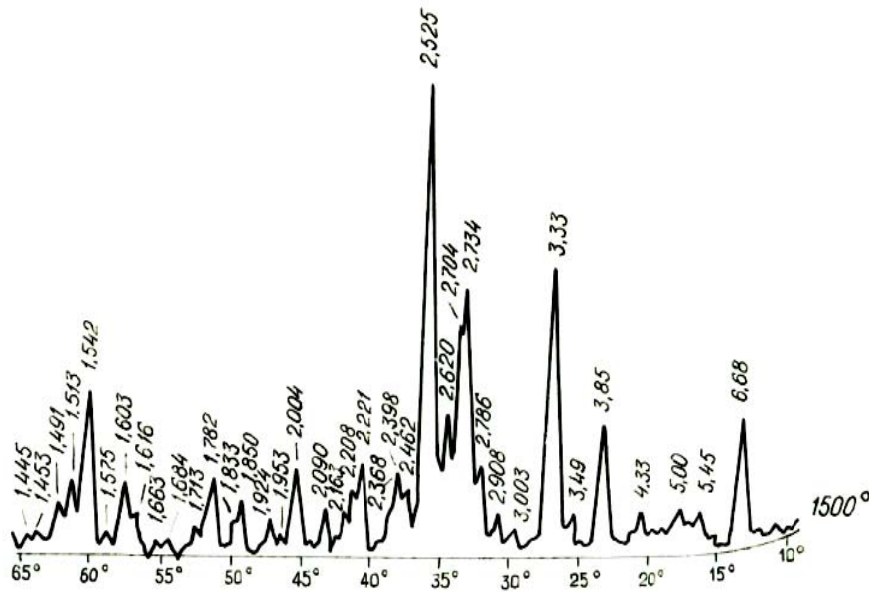


Fig.8. SN-7 composite X-Ray (1500°C)

The main phase at the SN-7 X-ray pattern is β -SiAlON. The composite alongside with β -SiAlON consists of silicium carbide; it contains X-SiAlON in trace quantity.

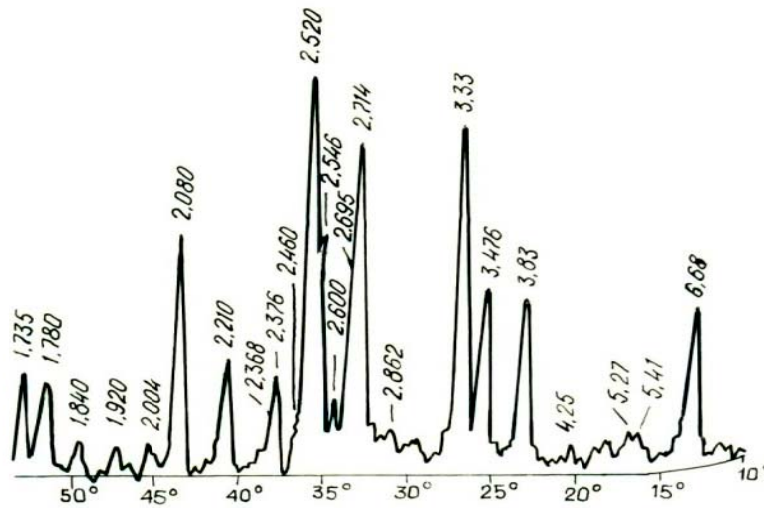


Fig.9. SN-8 composite X-Ray (1500°C)

SN-8 composite, similar to the above referred composites consists of β -SiAlON and the introduced α -Al₂O₃.

Results of microstructure analysis (Fig.10) confirm the data of X-Ray structural studies. Microstructure of SN-1 composite is presented mainly by X-SiAlON phase, in which particles of Si₃N₄ are inserted as inclusions. Lattice of SN-6 composite is β -SiAlON with silicium carbide and

corundum grains spread in it. SN-7 composite lattice is analogous to that of SN-6. in which silicium carbide grains of the size exceeding that of new-formed silicium nitride are clearly visualized. Lattice of SN-8 composite contains of the very β -SiAlON with α -Al₂O₃ crystals. This Figure shows pores which are presented in quantity in this composite.

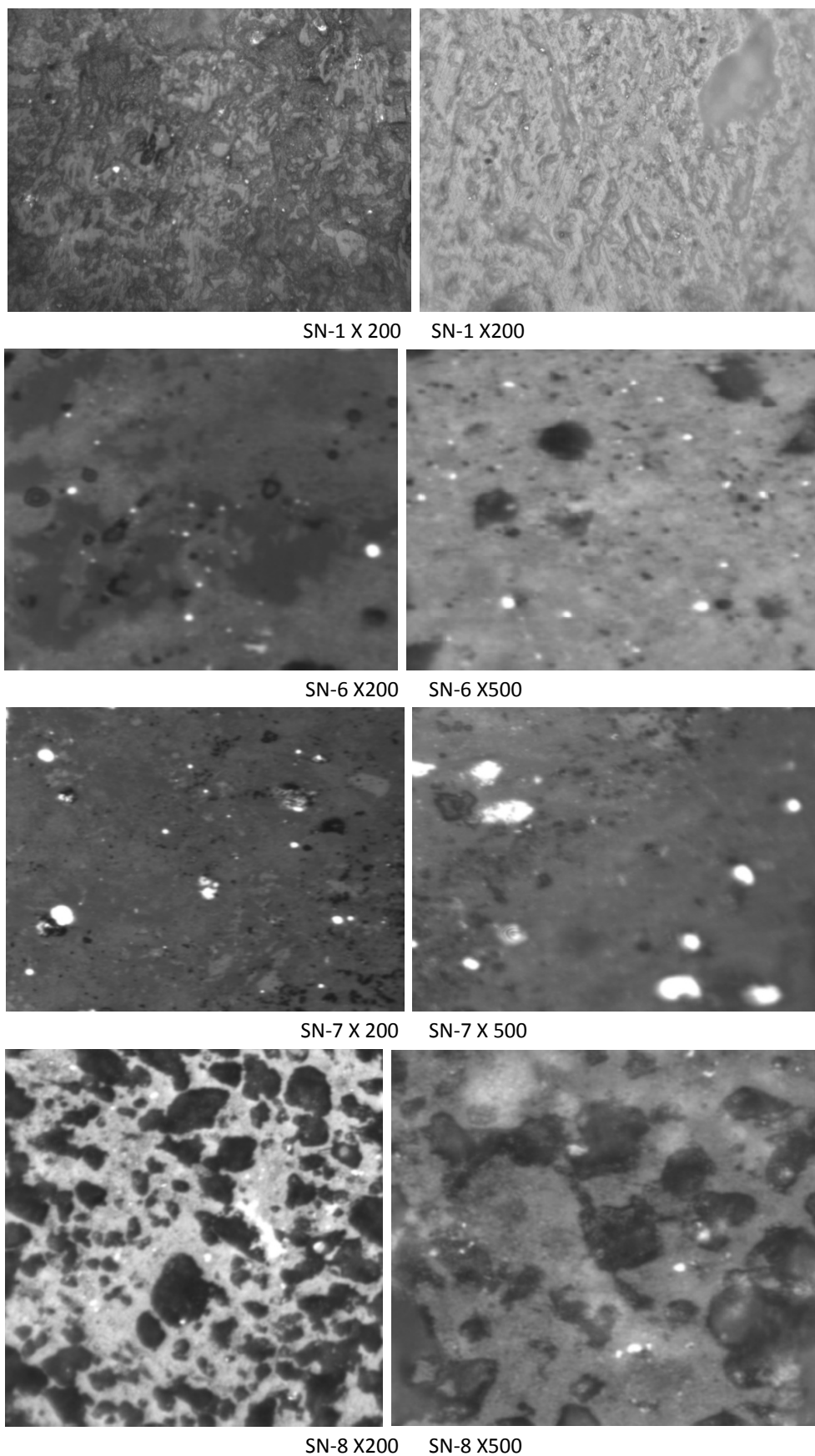


Fig. 10. Microstructures of composites

CONCLUSION

At sintering of kaolin and aluminium powder blend in 800–1500°C interval temperatures of formation of aluminium and silicium nitrides and on their base mullite structure X-SiAlONs was fixed and proved. While at

sintering of SiC-aluminium powder, silicium and α -Al₂O₃ – aluminium powder – silicium blend the SiC-SiAlON and Al₂O₃-SiAlON composites on β -SiAlON lattice were obtained. The obtained results are confirmed by X-Ray diffraction and microscopic analysis.

References

1. I. Gusman, E. Tumakova and A. Fedotov (1970) Correlative Studies of Some Properties of Materials Based on Composites SiC+Si₃N₄ and SiC-Si₂N₂. *Refractories*, **3**, pp. 44-48. (In English).
2. M. Kilian. (1987) Produktionsverfahren, Anwendungseigenschaften und Einsatzmoeglichkeiten von Nitridkeramik insbesondere von Siliciumnitrid. *Vortragsveroff. Haus Techn., Essen*, **519**, pp. 19-21. (In English).
3. Wang L., He C., Wu J. Oxidation of Sintered Silicon Nitride Materials. *Ceram. Mater and Comp. Engin. Proc. Int.Simp. Las Vegas*, 27-30 November 1988, Westerville, Ohio, 1989, pp. 604- 611. (In English).
4. Ya.I. Belij, V.V Lomda., V.M. Svistun and S.G. Polezhai. (1990) For the Issue of Obtaining Composite Materials Based on Silicium Nitride. M., International Conference, Abstracts of Reports, Part 2, p. 174. (In English).
5. G.M. Zheng, J. Zhao, Z.J. Gao and Q.Y. Cao. (2012) Cutting Performance and Wear Mechanisms at SiAlON-Si₃N₄ Graded Nano-Composite Ceramic Cutting Tools. *The International Journal of advanced Manufacturing Technology*, **58**, pp. 19-28. (In English).
6. F.L. Riley. (2000) Silicon Nitride and Related Materials. *Journal of the American Ceramic Society*, **83**, pp. 10-30. (In English).
7. K.L. Luthra. (1991) A Mixed Interface Reaction/Diffusion Control Method for Oxidation of Silicon Nitride. *Journal of the Electrochemical Society*, **138**, pp. 3001-3007. <http://dx.doi.org/10.1149/1.2085355>. (In English).
8. L.U.J.T. Ogbuji. (1992) Role of Si₂N₂O in the Passive Oxidation of Chemically-Vapor-Deposited Si₃N₄. *Journal of the American Ceramic Society*, **75**, pp. 2995-3000. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1151-2916.1992.tb04377.x> (In English).
9. C. Kawai, A. Yamakawa. (1997) Effect of Porosity and Microstructure on the Strength of Si₃N₄: Designed Microstructure for High Strength, High Thermal Shock Resistance, and Facile Machining. *Journal of the American Ceramic Society*, **80**, pp. 2705-2708. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1151-2916.1997.tb03179.x> (In English).
10. Y. Cerenius. (1999) Melting Temperature Measurements on α -Silicon Nitride to a Pressure of 37 GPa. *Journal of the American Ceramic Society*, **82**, pp. 380-386. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1151-2916.1999.tb20073.x> (In English).
11. L. Chukholina. (2012) Method for Obtaining SiAlON Powder. <http://bd.patent.su/2378000>. (In Russian).
12. <http://www.ceramtec.com.ua/ceramic-materials/sialon>
13. I. Borovinskaya, K. Smirnov. (1998) Self-Spreading High Temperature Synthesis of SiAlON Ceramics. *Science for Industry*, **8**, pp. 39-45. (In Russian).
14. I. Boyarina, A. Puchkov, etc., (1981) SiAlONs, a New Refractory Material. *Refractory*, **12**, pp. 24-28. (In Russian).
15. H.P. Van Landeghem, M. Goune, A. Redjamia. (2012) Investigation of a Ferrite/Silicon Nitride Composite Concept Aimed at Automotive Applications. *Steel Research International*, **83**, pp. 590-593. <http://dx.doi.org/10.1002/srin.201100264> (In English).
16. A. Rosenflanz and I.-W. Chen. (1999) Phase Relationships and Stability of α -SiAlON. *Journal of the American Ceramic Society*, **82**, pp. 1025-1036. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1151-2916.1999.tb01869.x> (In English).
17. P.L. Land, J.M. Wimmer, R.W Burns and N.S. Choudhury. (1978) Compounds and Properties of the System Si-AL- O-N. *Journal of the American Ceramic Society*, **61**, pp. 50-60. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1151-2916.1978.tb09230.x>
18. T. Ekstrom, M. Nygren. (1992) SiAlON Ceramics. *Journal of the American Ceramic Society*, **75**, pp. 259-276. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1151-2916.1992.tb08175.x> (In English).
19. M. Schmucker, H. Schneider. (1999) Transformation of X-Phase SiAlON to Mullite. *Journal of the American Ceramic Society*, **82**, pp. 1934-1936. <http://dx.doi.org/10.1111/j.11512916.1999.tb02021.x> (In English).
20. C.C. Anya and A. Hendry. (1994) Hardness, Indentation Fracture Toughness and Compositional Formula of X-Phase SiAlON. *Journal of Materials Science*, **29**, pp. 527-533. <http://dx.doi.org/10.1007/BF01162517> (In English).
21. T. Ekstrom and P.O. Olsson. (1989) Beta-SiAlON Ceramics Prepared at 1700 °C by Hot Isostatic Pressing. *Journal of the*

- American Ceramic Society, **72**, pp.1722-1724. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1151-2916.1989.tb06311.x> (In English).
22. T. Ekstrom, P.O. Kall, M. Nygren, P.O. Olsson. (1989) Dense Single-Phase Beta-SiAlON Ceramics by Glass-Encapsulated Hot Isostatic Pressing. *Journal of Materials Science*, **24**, pp. 1853-1861. <http://dx.doi.org/10.1007/BF01105715> (In English).
23. K. Kishi, S. Umehayashi, E. Tani. (1990) Influence of Microstructure on Strength and Fracture Toughness of Beta-SiAlON. *Journal of Materials Science*, **25**, pp. 2780-2784. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00584879>. (In English).
24. J. Piekarczyk, J. Lis, J. Bialoskorski. (1990) Elastic Properties, Hardness, and Indentation Fracture Toughness of Beta-SiAlONs. *Key Engineering Materials*, **89-91**, pp. 542-546. (In English).
25. X. Jiang, Y.K. Baek, S.M. Lee, S.J.L. Kang. (1998) Formation of an α -SiAlON Layer on β -SiAlON and Its Effect on Mechanical Properties. *Journal of the American Ceramic Society*, **81**, pp. 1907-1912. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1151-2916.1998.tb02565.x> (In English).

UDC 666. 762.93

SCOPUS CODE 2501

ალუმინოთერაპული და აზოტირების მეთოდების გამოყენება ნანოკომპოზიტების მისაღებად SiC-SiAlON და Al₂O₃-SiAlON სისტემებში

- ზ. კოვზირიძე** ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: kowsiri@gtu.ge
- ნ. ნიჟარაძე** ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: nizharadzenatela@yahoo.com
- გ. ტაბატაძე** ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: gulnazitabatadze@yahoo.com
- ზ. მესტიერიშვილი** ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: zviad.mst@gmail.com
- ნ. დარახველიძე** ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: darakhvelidzenino3@gmail.com

რეკენზენტები:

გ. ლოლაძე, სტუის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტის პროფესორი

E-mail: g.loladze@gtu.ge

ჯ. ანელი, რ. დვალის მანქანათა მექანიკის ინსტიტუტის მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი

E-mail: jimaneli@yahoo.com

ანოტაცია: 1450°C-ზე რეაქციული შეცხოების მეთოდით გეოპოლიმერის (კაოლინი), ალუმინის ნანოფხენილის, სილიციუმის, ალუმინის ოქსიდის, სილიციუმის კარბიდის, იტრიუმის, მაგნიუმის ოქსიდებისა და მინისებრი პერლიტის (არაგაცი, სომხეთი) მცირე დანამატებით მიღებული სიალონ-

შემცველი ნანოკომპოზიტი. კომპოზიტი მიღებულია რეაქციული შეცხოვის მეთოდით 1450°C-ზე, ალუმინთერმული და აზოტირების პროცესით აზოტის გარემოში. ამ მეთოდის უპირატესობაა ის, რომ ფხვნილში, რომელიც ახალი დაყალიბებულია თერმული დამუშავების პროცესში ურთიერთქმედების შედეგად Si_3N_4 , Si , AlN რეაქციულია და SiAlON-ს წარმოქმნის შედარებით დაბალ, 1300–1350°C ტემპერატურაზე. აღსანიშნავია, რომ $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ და AlN ჩანერგვა $\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$ -ის კრისტალურ მესერში შედარებით ადვილია აღნიშნულ ტემპერატურულ ინტერვალში, როდესაც Si_3N_4 -ის მესერი ჯერ კიდევ ფორმირების პროცესშია. უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ SiAlON-ის სიმაგრე და კოროზიული მედეგობა იმატებს სილიციუმის კარბიდის და კორუნდის შემცველობის კომპოზიტში.

ნაშრომში წარმოდგენილია SiC–SiAlON-ის, Al_2O_3 – SiAlON-ისა და β – SiAlON-ის ფორმირების პროცესები კომპოზიტში და აღწერილია მათი ფიზიკური და ტექნიკური თვისებები. მიღებული მასალების ღია ფორიანობა 15–16% ტოლია; სიმაგრე როკველით HRA=94; HV=18 გპა; მექანიკა ღუნვაზე – 500–550 მგპა. ფაზური შედგენილობა შესწავლილია რენტგენოსტრუქტურული ანალიზით, ოპტიკური და ელექტრონულ-მიკროსკოპული ანალიზებით.

საკვანძო სიტყვები: გაღლობილი ლითონის ტემპერატურის გაზომვა; ნანოკომპოზიტი; სიალონი (SiAlON); ცხელი წნეხა.

UDC 666.762.93
SCOPUS CODE 2501

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЗОТИРОВАНИЯ И АЛЮМИНОТЕРМИЧЕСКОГО МЕТОДОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОКОМПОЗИТОВ В СИСТЕМАХ SiC-SiAlON И Al₂O₃-SiAlON

- Ковзиридзе З.Д.** Департамент химической и биологической технологий, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава 69
E-mail: kowsiri@gtu.ge
- Нижарадзе Н.С.** Департамент химической и биологической технологий, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава 69
E-mail: nizharadzenatela@yahoo.com
- Табатадзе Г.С.** Департамент химической и биологической технологий, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава 69
E-mail: gulnazitabatadze@yahoo.com
- Мествиришвили З.З.** Департамент химической и биологической технологий, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава 69
E-mail: zviad.mst@gmail.com
- Дараквелидзе Н.Ю.** Департамент химической и биологической технологий, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава 69
E-mail: darakhvelidzenino3@gmail.com

Рецензенты:

Г. Лоладзе, профессор Департамента химической и биологической технологий факультета химической технологии и металлургии ГТУ

E-mail: g.loladze@gtu.ge

Дж. Анели, гл. научный сотрудник, к.т.н., профессор Института механики машин им. Двали

E-mail: jimaneli@yahoo.com

АННОТАЦИЯ. Получен сиалонсодержащий наноккомпозит с малыми добавками геополимера (каолин), нанопорошка алюминия, силиция, оксидов алюминия, иттрия, магния, карбида силиция и стеклоподобного перлита (Арагац, Армения) методом реакционного спекания при 1450⁰С в среде азота с последующим горячим прессованием.

Преимуществом этого метода является то, что при термической обработке новообразующиеся соединения Si₃N₄, Si и AlN являются более реакционноспособными и, взаимодействуя с другими компонентами, образуют SiAlON при более низких температурах – 1300–1350⁰С. Надо отметить, что внедрение Al₂O₃ и AlN в кристаллическую решетку β-Si₃N₄ относительно легче происходит в этом интервале температур, когда кристаллическая решетка Si₃N₄ еще в процессе формирования. Надо отметить еще, что твердость и коррозионная устойчивость сиалонсодержащего композита повышается с содержанием карбида силиция и оксида алюминия.

В статье представлено обсуждение процессов формирования SiC-SiAlON, Al₂O₃-SiAlON и β-SiAlON и их физико-технических свойств. Открытая пористость полученных материалов составляет 15-16%, твердость HRA=94; HV=18 ГПа; механика при изгибе 500–550 МПа; фазовый состав изучен рентгеноструктурным, оптическим и электронномикроскопическим методами анализов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: горячее прессование; наноккомпозит; определение температуры расплавленных металлов; сиалон (SiAlON).

UDC 669.1.017:661.774.35

SCOPUS CODE 2506

შენსაღწევი ($C \leq 0.22\%$; $CE \leq 0.43\%$), უნიფიცირებული B500W არმატურის წარმოება $\sigma_{\text{ღ}} \geq 500$ ნ/მმ² დენადობის ზღვრით ცხლად ბლინულ მდგომარეობაში, თერმული დამუშავების ბარეში

- ვ. კოპალეიშვილი** მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: v.kopaleishvili@gtu.ge
- ნ. მუმლაძე** შპს „რუსთავის ფოლადი“, საქართველო, 3700, ქ. რუსთავი, გაგარინის 12
E-mail: n.mumladze@rustavisteel.com
- ზ. ტაბატაძე** შპს „რუსთავის ფოლადი“, საქართველო, 3700, ქ. რუსთავი, გაგარინის 12
E-mail: z.tabatadze@rustavisteel.com
- მ. თაბაგარი** მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: archiltabagari@gmail.com
- ი. ქაშაკაშვილი** მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: i.kashakashvili@gtu.ge
- ო. ბარბაქაძე** შპს „რუსთავის ფოლადი“, საქართველო, 3700, ქ. რუსთავი, გაგარინის 12
E-mail: salome.b@live.ru
- რ. ბაკრაძე** შპს „რუსთავის ფოლადი“, საქართველო, 3700, ქ. რუსთავი, გაგარინის 12
E-mail: r.bakradze@rustavisteel.com

რეცენზენტები:

რ. გვეტაძე, სტუ-ის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტის პროფესორი
E-mail: z.gvetadze@gtu.ge

ზ. ლომსაძე, სტუ-ის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტის პროფესორი
E-mail: z.lomsadze@gtu.ge

ანოტაცია: აუსტენიტის ფრაგმენტაცია, მეორეული ფაზების დისპერსიულობის ზრდა, მაღე-გირებელი ელემენტების თანაბარი განაწილება,

ფუძის „გათავისუფლება“ იწვევს ბზარმდეგობის ზრდას. ამ ფაქტორებს დაემატა ე. წ. „ახალი ფენომენის“ კომპლექსური გავლენა – შენადნობის ქიმიური შედგენილობა „ $Ti+N+V$ “ +

დამუშავება ტექნოლოგიურ პროცესში, რაც სიმტკიცეს ზრდის პლასტიკურობის შენარჩუნებით. მაგალითად, სელექტირებული 3მშ-ის ფოლადის გლინვა სორტსაგლინავ დგანზე + „შლეიფი“ <Ti+N+V> უზრუნველყოფს კარგად შედუღებადი ($C \leq 0,22\%$; $CE \leq 0,43\%$) B500W არმატურის მიღებას თერმული დამუშავების გარეშე. ამ ტექნოლოგიამ წარმატებით გაიარა სამრეწველო აპრობაცია (№№25^X; 18^{XII}; 16^{XIV}; 12^{XVI} მმ) და მზადაა ფართომასშტაბიანი გამოყენებისათვის.

საკვანძო სიტყვები: „ახალი ფენომენის“ გაგენა; შენადნობის ქიმიური შედგენილობა + „შლეიფი“ <Ti+N+V> დამუშავება ტექნოლოგიურ პროცესში.

შესავალი

გასული საუკუნის 70-იან წლებში ჩვენი (ჯერ ჯგუფი, შემდეგ სექტორი და ბოლოს “მასალათათვისების ლაბორატორია”, ახლა თვითდაფინანსებაზე მყოფი “მასალათათვისების სასწავლო-სამეცნიერო ცენტრი”) ერთ-ერთი ძირითადი მიმართულება იყო ცხელი პლასტიკური დეფორმაციის გამოყენება ლითონის, კერძოდ ფოლადების სტრუქტურათა მართვის პროცესების მოსაგვარებლად. საბჭოთა სივრცეში შემუშავებული მაღალტემპერატურული თერმულმექანიკური დამუშავება (მომდ) შეისწავლებოდა თითქმის ყველა თერმომექანიკური დამუშავების ფაქტორის ($t^{\circ}C$, $\epsilon\%$, V მ/წმ და სხვა) გაგენით. განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებდა დეფორმაციის სინქარის (ხშირად, გლინვის სინქარის) გაგენის შესწავლა. არსებული მონაცემების “სიღარიბე” სტიმულს გვატებდა ვყოფილიყავით ერთ-ერთი პირველი ამ სტრატეგიულ მიმართულებაში. ჩვენთვის კარგად იყო ცნობილი, რომ, მომდ-ის დროს, ოპტიმალურ რეჟიმებზე,

ჩვეულებრივ თერმულ დამუშავებასთან შედარებით, სიმტკიცის მაჩვენებლები ეფექტურად იზრდებოდა, პლასტიკურობის მახასიათებლების საკმაოდ მაღალი დონის შენარჩუნებით. 30XГСА, 30XГСНА, 1X17H2, X18H10T ფოლადების შესწავლისას, მოყვანილ ტრადიციულ შედეგებთან ერთად, ოპტიმალურ რეჟიმებზე დაფიქსირდა საკვლევი ობიექტების კოროზიული მახასიათებლების გაუმჯობესება. თუ რით იყო ეს სიახლე განპირობებული, პასუხი გასცა ახალმა სტრუქტურულმა კვლევებმა. აღმოჩნდა, რომ ცხელი პლასტიკური დეფორმაციის გაგენით (მომდ დროს) ფიქსირდება მალეგირებელი ელემენტების უფრო თანაბარი განაწილება ფუძეში, ვიდრე ამას ადგილი ჰქონდა ჩვეულებრივი თერმული დამუშავების დროს [1-3], [5]. მოგვიანებით თერმომექანიკური ($t^{\circ}C$, $\epsilon\%$, V მ/წმ და სხვა) ფაქტორების გაგენა, მომდ დროს, შეისწავლებოდა საავტორო უფლებებით დაცული ფოლადების (20T – ს.მ. 1544833; 40ГСМФ – ს.მ. 1208090; 40ГМФ – ს.მ. 1362058; 30ГСТЮ – ს.მ.1479545; 38Г1Т – ს.მ. 1381191; 40ГФ – ს.მ. 1381190) ბზარმედგობაზე. ნაჩვენებია, რომ ერთიანი (ზოგადი) კანონზომიერება მიღებულ შედეგებში გამოკვეთილად არ შეინიშნება. მიღებული შედეგები ავტონომიურია და ასახავს ადებული მასალის მდგომარეობას მოცემულ პირობებში. რაც უფრო მეტადაა შენარჩუნებული ცხელი პლასტიკური დეფორმაციის გაგენით განპირობებული ეფექტები სტრუქტურაში (ფრაგმენტირებული აუსტენიტის მარცვალი, გამოყოფილი დისპერსიული მეორეული ფაზები, მალეგირებელი ელემენტების თანაბარი განაწილება მატრიცაში და სხვა), კონტროლირებადი გლინვის დროს, მით უფრო მაღალია ბზარმედგობის მაჩვენებელი. ბზარმედგობის მახასიათებელზე დადებითად მოქმედებს მყარი ხსნარის (ფუძის) გათავისუფლება მალეგირებელი ელემენტები-

საგან, ასევე ჩანერგილი ფაზებისაგან. ზემოთ-
ყვანილ ფოლადებს გავლილი აქვს მსხვილმასშ-
ტაბიანი საქარხნო აპრობაცია დანერგვის ჩათვ-
ლით. ამ კუთხით საინტერესო იყო ბზარმდეგო-
ბის დადგენა (ცხრილი 1).

რეჟიმების შერჩევისას საორენტაციოდ გვქონ-
და ჩვეულებრივი თერმული დამუშავება, რომ-
ლებსაც ვადარებდით ორი სახის დამუშავებას:

1) ნიმუშების წინასწარი დამუშავება „მოწვა“, რომელსაც უტარდება მთმდ;

2) წინასწარი დამუშავება „გაუმჯობესება“: წრთობა+მაღალი მოშვება, რომელსაც უტარდება მთმდ. მიკროსპექტრულმა ანალიზატორმა აჩვენა უმაღლესი ერთგვაროვნება, რაც კოროზიამდე-
გობის გაუმჯობესების განმსაზღვრელია.

ცხრილი 1

20T, 40ГСМФ, 40ГМФ, 30ХСТЮ, 38Г1Т, 40ГФ ფოლადების ძირითადი მახასიათებლები ბზარმდეგობის (J-ინტეგრალი) J_{IC}, ნ/მმ, ჩათვლით

ფოლადის მარკა	დამუშავება	დენადობის ზღვარი, $\sigma_{\text{დ}}$, ნ/მმ ²	ფარდობითი წაგრძელება, δ_5 , %	მუშაობა და- ხარჯული ბზარის ჩასახვისა და გაფ- რცელებაზე a_0+a_0 , $\mu\text{მ}^2$	J-ინტეგრალი, ბზარმდეგობა, J _{IC} , ნ/მმ
20T	ცხლად გლინული მილი (ცხ. გლ.)	297	39	a_1 , $\mu\text{მ}^2$ 60+110	95
40ГСМФ	ცხ. გლ. მილი+ ნორმალისაცია+ მაღალი მოშვება (650°C)	750	23	a_1 , 80+150	140
40ГМФ	ცხ.გლ. მილი + ნორ. + მაღალი მოშვება (600°C)	730	23	a_1 , 60+90	114
30ХСТЮ	ცხლად გლინული არმატურა	413	29	$a_{0.25}$, 60+16	78
38Г1Т	სატუმბ-საკომ- პრესორო მილი	590	20	a_1 , 70+20	42
40ГФ	ცხ. გლ. მილი + + ნორ.+მოშვება	600	26	70+60	100

ცხრილის მონაცემები ძალზე საინტერესოა მრავალი კუთხით, ამიტომ მიზანშეწონილია ასე-
თი მიდგომით შევისწავლოთ სხვა, ახალი კომ-
პოზიციები. მიღებული შედეგები უფრო დაგ-
ვაახლოებს ჭეშმარიტებასთან.

გამარტივებული მოდელით ლითონის რღვევა

(ნგრევა) არის მასში გარკვეული ზომის ბზარის ჩასახვისა და გავრცელების პროცესი. ლითონის (მასალის) უნარს წინააღმდეგობა გაუწიოს ბზარის ჩასახვისა და ჩასახული (ან არსებული) ბზარის გადაადგილებას, გავრცელებას ბზარ-
მდეგობა ანუ რღვევის (ნგრევის) სიბლანტე

ეწოდება. ამ მახასიათებლის დადგენა მოცემული მასალისათვის შესაძლებელია ეკვივალენტური ძალოვანი (K_{IC}) ან ენერგეტიკული (G_{IC}) პარამეტრების დადგენით. პირველი მოითხოვს ბრტყელი დეფორმაციის პირობების შესრულებას მასალის მაღალ ($\sigma_{\text{ღ}} > 1000 \text{ ნ/მმ}^2$) სიმტკიცესთან ერთად. აღნიშნული პრობლემა შედარებით დაბალი სიმტკიცისა და თხელკედლიანი მასალების შემთხვევაში. რაც შეეხება ენერგეტიკულ პარამეტრს (G_{IC}), განსაკუთრებით J-ინტეგრალის მიახლოებით მეთოდს (J_{IC}), ის ფართოდ გამოიყენება არამაღალი სიმტკიცის მქონე ლითონური პროდუქციის ბზარმედგობის დასადგენად. J-ინტეგრალის ინვარიანტულობის თვისებამ, ძაბვისა და დეფორმაციების სინგულარულობასთან ერთად, შესაძლებელი გახდა ის ყოფილიყო საზომი ლითონების (მასალების) რღვევის (ნგრევის) შესაფასებლად, კრიტერიუმად. მისი (J-ინტეგრალის) ინტეგრირების კონტურის მიმართ ინვარიანტულობა საშუალებას იძლევა ექსპერიმენტები ჩავატაროთ არამკაცრად დადგენილი გეომეტრიული ზომების მქონე ნიმუშებზე. მისი გამოყენება საშუალებას იძლევა შესწავლილ იქნეს შედარებით დაბალი სიმტკიცის და მაღალი პლასტიკურობის მქონე ლითონური მასალები და, რაც მთავარია, ნიმუშებზე მიღებული შედეგები გადატანილ იქნეს ლითონურ პროდუქციაზე (ნაკეთობაზე).

ახალ ფენომენამდე ყველა შედეგი (ყველა გაუმჯობესება) შესწავლილი იყო დეტალურად და ახლა ჯერი ამ პრობლემის შესწავლაზე. არსებულ მონაცემებზე დაყრდნობით, საქმე გვაქვს კლასიკური ენით და ჩვენი რედაქციით „დისპერსიულ განმტკიცებასთან“. სიმტკიცის ზრდა პლასტიკურობის მაღალ დონეზე შენარჩუნებით გეკარნახობს, რომ კოჰერენტული ან ჩვეულებრივი მეორეული ფაზები ძალზე დისპერსიულია, ნანოკრისტალების თანაზომადია. „საბოლოო დიაგნოზს“ დასვამს თანამედროვე

დანადგარის მონაცემები (PDM-ი გარჩევის უნარით $\leq 50\text{--}20 \text{ \AA}$). სანამ ეს ეკონომიკური პრობლემა გადაწყდება, საჭიროა არსებული გეგმით გავაგრძელოთ მუშაობა. დეტალურად ამოვხსნათ B500W ტიპის არმატურის წარმოების ძალზე მნიშვნელოვანი საკითხები, რაც საშუალებას მოგვცემს, ინკუბაციის პერიოდის გარეშე, დავიწყოთ უნიფიცირებული B500W არმატურის მასიური გამოშვება.

ძირითადი ნაწილი

საკვლევე მასალად გამოყენებული გვექნება სელექტირებული ($C=0,17\% \text{--} 0,22\%$; $Si=0,25\% \text{--} 0,40\%$; $Mn=0,80\% \text{--} 0,90\%$; $S \leq 0,02\%$; $P \leq 0,02\%$) ფოლადი 3მშ. იმის გამო, რომ ფოლადი 3მშ განუანგულია არასრულად, მხოლოდ $\langle Mn+Si \rangle$ -ით, ამიტომ აუცილებელია B500W პროექტის დასამთავრებლად გამოვიყენოთ განუანგვის ორიგინალური მიდგომა. როგორც ცნობილია, ტიტანი კარგი განუანგველია, თითქმის უტოლდება ალუმინს, მაგრამ ძვირია. არასრულად განუანგულ ლითონში მიკროლევირების (განსაკუთრებით მოდიფიცირების) ჩატარება დაკავშირებულია ხარჯებთან და, რაც მთავარია, პრობლემატიკურად გახდება შედეგების სტაბილურად მიღების შესაძლებლობა. მეთოდი ეხება ფოლადის წარმოებას დუბლექს-პროცესით. პირველი ეტაპი ტარდება ელექტროკალურ (15-ტონიან) ღუმელში, სადაც მიიღება სელექტირებული ფლ3, ხოლო დაყვანა-რაფინირება ხორციელდება ციციხე-ღუმელში. ფოლადის გამოშვებისთანავე ციციხეში მიეწოდება 5კ ალუმინი (უფრო ეფექტურია Al-ის ქვედზე მოთავსება). ის მაშინვე იხსნება და აქტიურად მონაწილეობს ფოლადის განუანგვის პროცესში, რკინა აღდგება, ხოლო Al_2O_3 გადადის წიდაში. ასევე, ამ დროს წარმოიქმნება AlN. ეს პროცესი გრძელდება თხევადი ლითონის ციციხის შუამდე ამოსვლამდე. ამ დროს ოპერატიულად ემატება

განმუხტვები და სხვა საჭირო დანამატები. აღნიშნულის პარალელურად სრულდება ტექნოლოგიის ტრადიციული ამოცანები („შავი წილის“ მოცილება და „თეთრის“ დაყენება. $CaO \geq 95\%$ დაყენება; ინტენსიურად მუშაობს იძულებითი არევა და ა. შ.), ბოლოს ციციხვი იკავებს ღუმლის ადგილს. აიღება სინჯი საერთო ანალიზზე. თუ ყველა საჭირო კომპონენტი ნორმაშია, მაშინ ღუმელში მიეწოდება 5კგ ტიტანი. მომდევნო სინჯით დასტურდება რამდენად სწორად არის ჩატარებული პროცესები. თუ ტიტანის შემცველობა $Ti \geq 0,02\%$ -ზე, მაშინ შედეგი დამაკმაყოფილებელია. ნადნობს ვამზადებთ უწყვეტი ჩამოსხმის დანადგარზე გადასაცემად. მანამდე ვამოწმებთ ფოლადის საერთო ანალიზს. საჭიროების შემთხვევაში, ვახდენთ კორექტირებას. სასურველია გვქონდეს ფოლადის ასეთი ანალიზი – ქიმიური შედგენილობა „შლეიფთან ერთად“ $C=0,22\%$; $Si=0,30\%$; $Mn=0,80\%$; $S \leq 0,01\%$; $P \leq 0,02\%$; $<Ti=0,02\%$; $N=0,015\%$; $V=0,14\%$ >. უწყვეტად ჩამოსხმის პროცესი სრულდება არსებული ტექნოლოგიური ინსტრუქციით. შემოწმებას გადის ასევე ჩამოსხმული ნამზადი, საჭიროების შემთხვევაში აიღება ტემპლეტი, რომელიც იზავენება ცენტრალურ ლაბორატორიაში მაკროანალიზის ჩასატარებლად. თუ მანგანუმი და „შლეიფი“ ახლოსაა ხაზგასმულთან, მაშინ შეიძლება რამდენიმე ცალი გაისინჯოს – გაიგლინოს თერმული დამუშავების გარეშე და ა. შ.

მე-2-5 ცხრილებში მოცემულია საქარხნო ფოლადების შედგენილობები და მექანიკური გამოცდების შედეგები. ტრადიციულის გარდა (ნ, ნდ, ნე), ორიგინალური მეთოდის გამოყენებით, დანადგარის ამობეჭდილი მონაცემებით გამოვთვლით ნგრევის (რღვევის) ჭეშმარიტ ძაბვას – S_k (ნ/მმ²), ნგრევის ტოტალურ ენერგიას – E_T (ნმ) და ნგრევის კუთრ ტოტალურ ენერგიას – a_0^T (ჯ/სმ²), ფარდობით წაგრძელებას – მდგენელებით

$\delta = \delta_1 + \delta_2 \%$, ყელის ფარდობით შევიწროებას – მდგენელებით $\Psi = \Psi_1 + \Psi_2 \%$. მდგენელები δ_1 და Ψ_1 ახასიათებს აღნიშნული ლითონის პლასტიკური დეფორმაციის უნარს, ხოლო δ_2 და Ψ_2 – რღვევისადმი (ნგრევისადმი) წინაღობის უნარს. როდესაც პროექტი B500W შესრულებული იქნება სრულად, მაშინ შეირჩევა ნომრები (აღბათ 25, 18, 16, 12 მმ), რომლებსაც ჩაუტარდება სრული კვლევა ლითონის (არმატურის) საკონსტრუქციო სიმტკიცის დასადგენად. σ_B , $\sigma_{\text{ღ}}$, δ_1 მოყვანილ მონაცემებს დაემატება:

- 1) S_k , $\delta(\delta_1 + \delta_2)$, $\Psi(\Psi_1 + \Psi_2)$ დარტყმითი სიბლანტე მდგენელებით $a_{0.25} = a_6 + a_8$ (ჯ/სმ²), T_{50} , I_{IC} , σ_{-1} , E_T , a_0^T (ჯ/სმ²); კუთრი მუშაობა ბზარის ჩასახვაზე – a_6 და კუთრი მუშაობა ბზარის გავრცელებაზე – a_8 ;
- 2) გამეიფების ტემპერატურული ზღურბლი – T_{50} (გამოცდის ტემპერატურა, როცა რღვევის რელიეფში დაფიქსირებულია 50% მეიფე „კრისტალური“ მდგენელი და 50% ბლანტი – ბოჭკოვანი მდგენელი);
- 3) ბზარმდეგობა – j -ინტეგრალი – I_{IC} (ნ/მმ);
- 4) საჭიროების შემთხვევაში ლითონის დადლილობაზე გამოცდის შედეგები – σ_{-1} (ნ/მმ²). ასევე, საჭირო იქნება ფართო მასშტაბის სტრუქტურული კვლევების ჩატარება (სპეციალური გეგმით შედგენილი მეტალოგრაფიული, ფრაქტოგრაფიული და სხვა ტიპის სტრუქტურული კვლევების ჩატარება). ეს ლითონის შემოწმების პირველი ეტაპია. უნდა შემოწმდეს ყველა ნომერი, ყველა დიამეტრი. როდესაც №№32, 28, 25 მმ და №№22, 20, 18 მმ იგლინება X და XII გალებიდან, №28 და №20მმ შედარებით ნორმალურ პირობებში მუშაობს. მაღალ ნომრებს (№32 მმ და №22 მმ) ლითონის „ნაკლებობისკენ“ აქვს გადახრა, ხოლო №№25 და 18 მმ უხდება სასურველი ფორმის შევსება „მოჭარბებული“ ლითონის

შემთხვევაში. ეს მცირე ექსკურსიცი საკმარისია მაციის პროცესებს, რათა შევძლოთ მისი სტაბილურობის, რომ საჭირო მიზნების მისაღწევად ბილური მართვა. აუცილებელია ვფლობდეთ ლითონის დეფორ-

ცხრილი 2

18AΦT ფოლადი, №7874, 71143, 71551 საქარხნო დნობის ქიმიური შედგენილობები

დნობის მარკა № CE, %	C, %	Si, %	Mn, %	P, %	S, %	N, %	Ti, %	V, %
7874 18AΦT 0.37	0.20	0.34	0.80	0.014	0.023	0.013	0.019	0.19
71143 18AΦT 0.37	0.22	0.30	0.71	0.017	0.01	0.006	0.026	0.15
71551 18AΦT	0.22	0.29	0.67	0.009	0.019	0.013	0.014	0.13

ცხრილი 3

18AΦT ფოლადი, დნობის №7874; №№25, 18, 16 მმ მექანიკური თვისებები ცხლად გლინულ მდგომარეობაში

დნობის მარკა № დიამეტრი №, მმ	S_k , ნ/მმ ²	σ_{B} , ნ/მმ ²	σ_{d} , ნ/მმ ²	$\delta=\delta_1+\delta_2$, %	$\psi=\psi_1+\psi_2$, %	E_T , მმ.	a_0^T , ჯ/სმ ²
7874 18AΦT 25	746 684	660 657	526 511	27=19+8 30=20+10	22=16+6 23=17+6	16331 17768	3326 3626
7874 18AΦT 18	585 726	684 689	561 559	31=21+10 35=23+12	24=17+7 26=19+7	7435 8207	2916 3218
7874 18AΦT 16	746 689	699 699	575 571	29=19+10 32=21+11	22=16+6 24=18+6	4871 5265	2423 2619

**18АФТ ფოლადი, დნობის №7874; №№25, 18, 16 მმ მექანიკური თვისებები
თერმული დამუშავების შემდეგ**

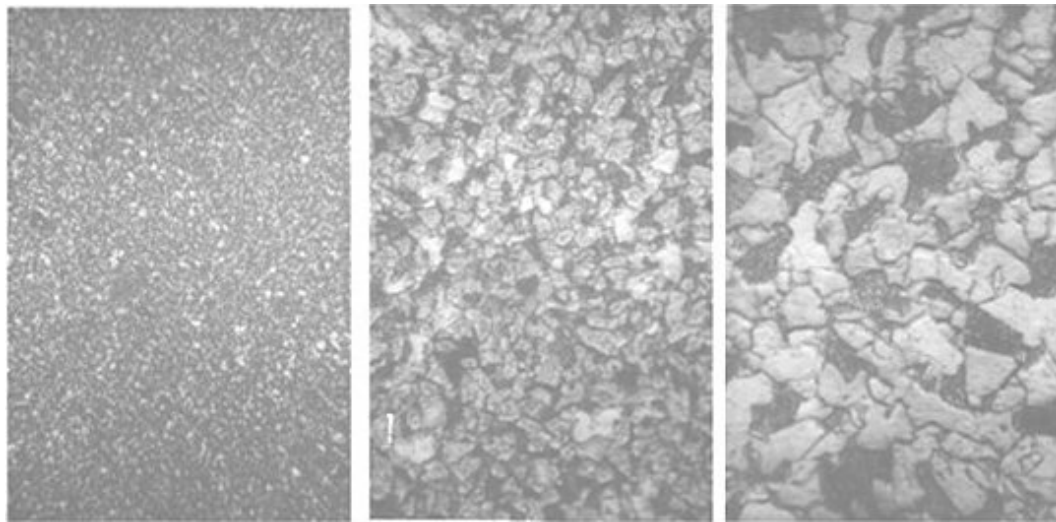
დნობის მარკა № დიამეტრი №, მმ	S_k , ნ/მმ ²	σ_{B_1} , ნ/მმ ²	$\sigma_{\text{ღ}}$, ნ/მმ ²	$\delta=\delta_1+\delta_2$, %	$\psi=\psi_1+\psi_2$, %	E_T , გმ.	a_0^T , ჯ/სმ ²
7874 18АФТ 25	889 862	864 864	795 786	18=12+6 22=12+10	16=11+5 19=11+8	16264 18050	3312 3676
7874 18АФТ 18	823 836	843 852	782 779	18=10+8 17=10+7	15=9+6 15=9+6	5771 5824	2265 2284
7874 18АФТ 16	853 717	873 865	811 796	18=9+9 19=11+8	15=8+7 16=10+6	4269 4525	2123 2251

**№12 მმ არმატურის გლინვა ყველა გალის (16) გამოყენებით;
საქარხნო დნობები №71143 და №71551, ფოლადი 18АФТ**

დნობის მარკა № დიამეტრი №, მმ მდგომარეობა	S_k , ნ/მმ ²	σ_{B_1} , ნ/მმ ²	$\sigma_{\text{ღ}}$, ნ/მმ ²	$\delta=\delta_1+\delta_2$, %	$\psi=\psi_1+\psi_2$, %	E_T , გმ.	a_0^T , ჯ/სმ ²
71143 18АФТ 12, ცხ. გლ	689	625	514	27=21+6	21=17+4	2449	2167
71143 18АФТ 12, ცხ. გლ	719	615	505	27.5=20+7.5	21=19+2	2366	2094
71143 18АФТ 12, თღ	729	762	713	16=11+5	14=10+4	1989	1760
71551 18АФТ 12 მმ, ცხ. გლ	759	634	523	34=24+10	26=20+6	3056	2704
71551 18АФТ 12, ცხ. გლ	738	629	518	33=23+10	25=19+6	2871	2541
71551 18АФТ 12, ცხ. გლ	700	622	514	31=23+8	24=19+5	2706	2395

მიღებული შედეგების განსჯა შეიძლება დავიწყოთ გამოდნობილი ფოლადების ქიმიური შედგენილობის განხილვით. ფოლადი 18AΦT კარგად არის შერჩეული (რა თქმა უნდა, სელექტირების შემდეგ), განსაკუთრებით პირველი დნობა №7874: C=0,20%+Mn=0,80% და შლეიფი <Ti=0,019%; N=0,013%; V=0,19%>. ამ ფოლადს ცხლად გლინულ (თდ-ს გარეშე) მდგომარეობაში აქვს $\sigma_{\text{ღ}}=511-5756/\text{მმ}^2$, $\sigma_{\text{ბ}}=657-6996/\text{მმ}^2$, $\delta=27-35\%$, $\delta_{\text{თ}}(\delta_{\text{ქ}})=19-23\%$, $\psi=22-26\%$, $E_T^{N25}=170496\text{მძ}$;

$a_0^T=3476\text{ჯ}/\text{სმ}^2$ და მასთან შეხამებული მეტალოგრაფიული კვლევის შედეგები¹. ძალზე საინტერესოა №№25, 18, 16მმ სტრუქტურები და თვისებები მთმდ-ის შემდეგ. წინასწარი მონაცემებით, მაღალი სიმტკიცე $\sigma_{\text{ღ}}=779-8116/\text{მმ}^2$, $\sigma_{\text{ბ}}=843-873 \text{ ნ}/\text{მმ}^2$, საკმარისად მაღალი პლასტიკურობის მაჩვენებლებთან ერთად ($\delta=18-22\%$; $\psi=15-19\%$), ამ კომპოზიციას აქცევს (თერმულად დამუშავების შემდეგ) კარგ, მაღალი სიმტკიცის საკონსტრუქციო მასალად.



ა) x 100

ბ) x 400

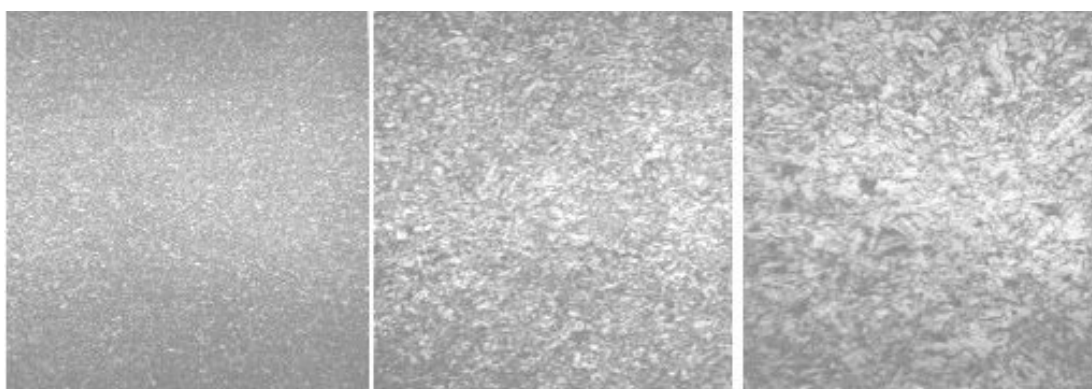
გ) x 800კზ

ნახ. 1 ა, ბ, გ - ფოლადი 18AΦT (№დნ.7874), არმატურა №25 მმ, ცხლად გლინული (ნაპირი)

$\mu=20$, $\sigma_{\text{ღ}}=5266/\text{მმ}^2$; $\sigma_{\text{ბ}}=6606/\text{მმ}^2$; $\delta_7=27\%$, $E_T=163316\text{მძ}$. მონაცემები აკმაყოფილებს B500W-ს ყველა მოთხოვნას. “შლეიფის” <Ti+N+V> გარეშე $\sigma_{\text{ღ}}=250 \text{ ნ}/\text{მმ}^2$, ე.ი. ამ შემთხვევაში “შლეიფით” განპირობებული “ახალი ფენომენი” აორკეცებს

დენადობის ზღვარს. მოცემულია ფერიტ-პერლიტური სტრუქტურა, გადიდებაზე 800კზ სტრუქტურის მდგენელები მოწესრიგებულ შთაბეჭდილებას ტოვებს.

შენიშვნა: მეტალოგრაფიული ანალიზის შედეგები მოცემულია 1-ელ – მე-7 ნახაზებზე. ყველა მდგომარეობა წარმოდგენილია გადიდებით: ა) x100, ბ) x400 გ) x800 კზ და მცირე კომენტარებით, რაც გასაგებად ხსნის მოტანილ სტრუქტურებს.



ა) x100

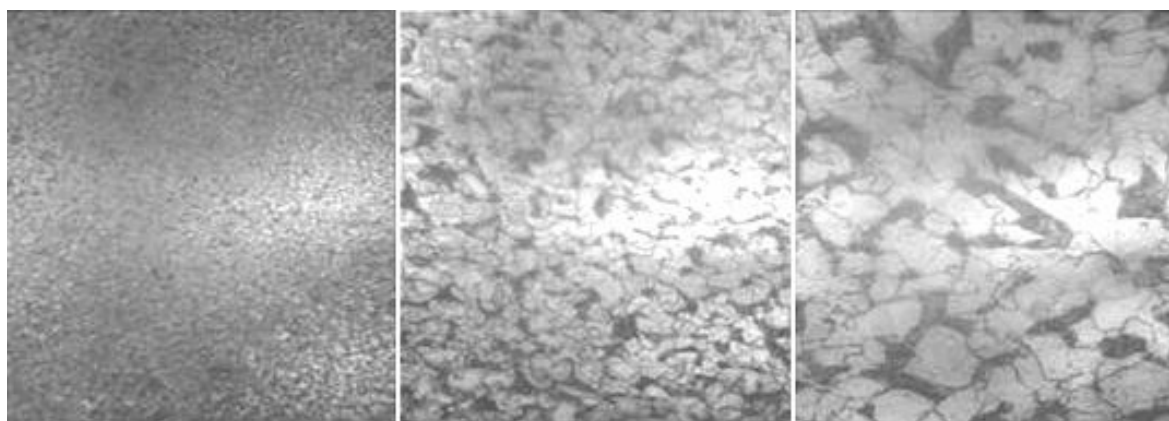
ბ) x400

გ) x800კ

ნახ. 2 ა, ბ, გ - ფოლადი 18AFT (№დგ.7874), არმატურა №25 მმ, თერმულად დამუშავებული (ნაპირი)

$\mu=20$, $\sigma_{\text{ღ}}=7956/\text{მმ}^2$; $\sigma_{\text{ბ}}=8646/\text{მმ}^2$; $\delta_{\gamma}=18\%$,
 $E_{\text{T}}=162646\text{მმ}$. მიღებული თვისებების შედარება ცხლად გლინულთან ასეთ სურათს იძლევა:
 $\Delta\sigma_{\text{ღ}}=2696/\text{მმ}^2$; $\Delta\sigma_{\text{ბ}}=2046/\text{მმ}^2$; $\Delta\delta_{\gamma}=-9\%$, ე.ი. 9%,
 პლასტიკურობა განაპირობებს სიმტკიცის მანკე-

ნებლების ასეთ მნიშვნელოვან ზრდას. სტრუქტურა „ძალზე“ დისპერსიულია, გარკვეულად ორიენტირებული. რომ ყოფილიყო $C \geq 0.24\%$, უკვე გვექნებოდა ლარტეისებრი მარტენსიტის, შესაბამისი უარყოფითი მოვლენებით.



ა) x100

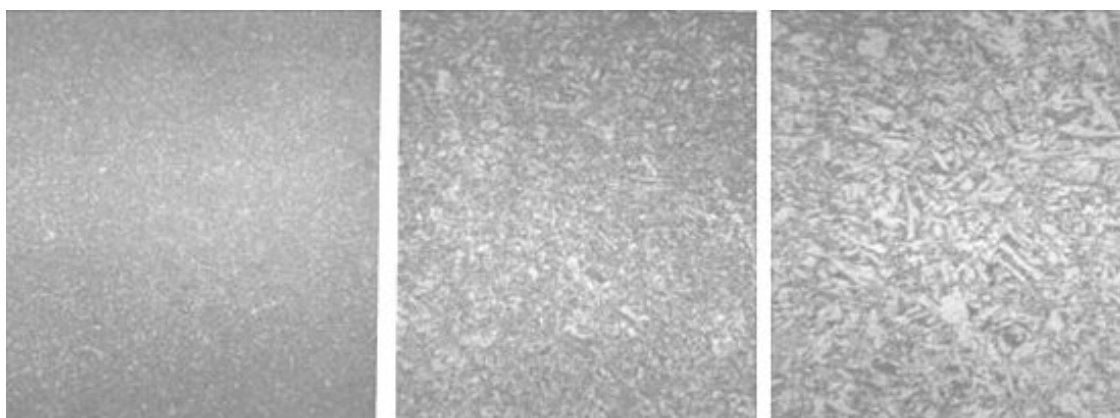
ბ) x400

გ) x800კ

ნახ. 3 ა, ბ, გ - ფოლადი 18AFT (№დგ.7874), არმატურა №18 მმ, ცხლად გლინული (ნაპირი)

$\mu=39$, $\sigma_{\text{ღ}}=5616/\text{მმ}^2$; $\sigma_{\text{ბ}}=6846/\text{მმ}^2$; $\delta_{\gamma}=31\%$,
 $E_{\text{T}}=74356\text{მმ}$. მიღებული მონაცემები წარმატებულად აკმაყოფილებს B500W-ს მოთხოვნებს. დეფორმაციის გავლენა (დადებითი) სახეზეა

ნაზარდით ($\Delta\sigma_{\text{ღ}}=35 \text{ ნ/მმ}^2$; $\Delta\sigma_{\text{ბ}}=24 \text{ ნ/მმ}^2$; $\Delta\delta_{\gamma}=4\%$), განსხვავებულია სტრუქტურა მიღებული №18 მმ არმატურის გარე შრეებში №25 მმ-თან შედარებით.



ა) x100

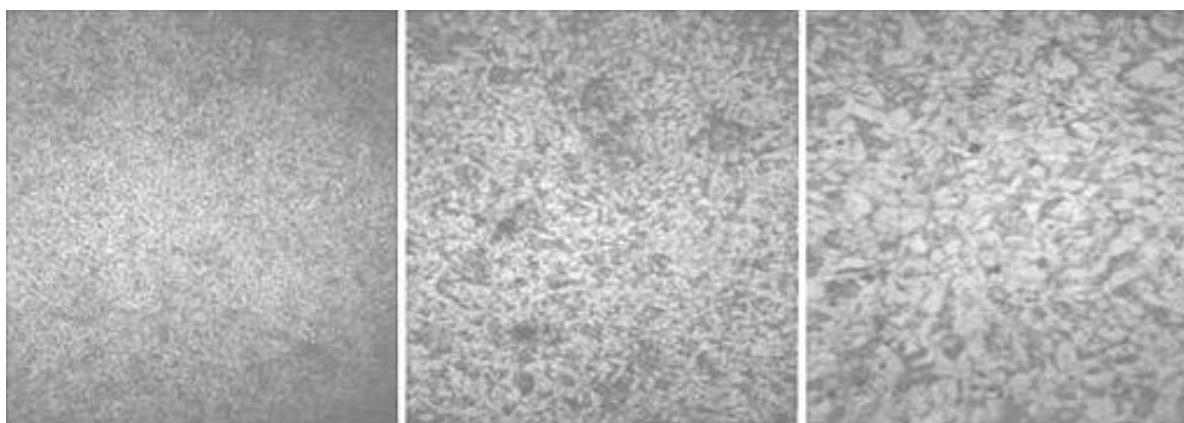
ბ) x400

გ) x800_კ

ნახ. 4 ა, ბ, გ - ფოლადი 18AΦT (N_ღ6.7874), არმატურა №18 მმ, თღ-ის შემდეგ (ნაპირი)

$\mu=39$, $\sigma_{\text{ღ}}=7826/\text{მმ}^2$; $\sigma_{\text{ბ}}=8436/\text{მმ}^2$; $\delta_{\gamma}=18\%$, $E_{\text{T}}=57716\text{მ}$.
 სიმტკიცის მანვენებლები იზრდება 1-ელ ნახ-თან
 შედარებით $\Delta\sigma_{\text{ღ}}=2216/\text{მმ}^2$; $\Delta\sigma_{\text{ბ}}=1596/\text{მმ}^2$; $\Delta\delta_{\gamma}=-13\%$.
 სხვადასხვა ზომის ორენტირებულ კრისტალებში
 განლაგებულია ასევე სხვადასხვა დისპერსიუ-

ლობის წახნაგოვანი, ზოგჯერ სფეროს მსგავსი
 კრისტალები. რა თქმა უნდა, „ამინდის“ შემქმნელი
 ფაზები მოქცეულია ოპტიკური მიკროსკოპის
 გარჩევისუნარიანობის ზღვარს მიღმა.



ა) x100

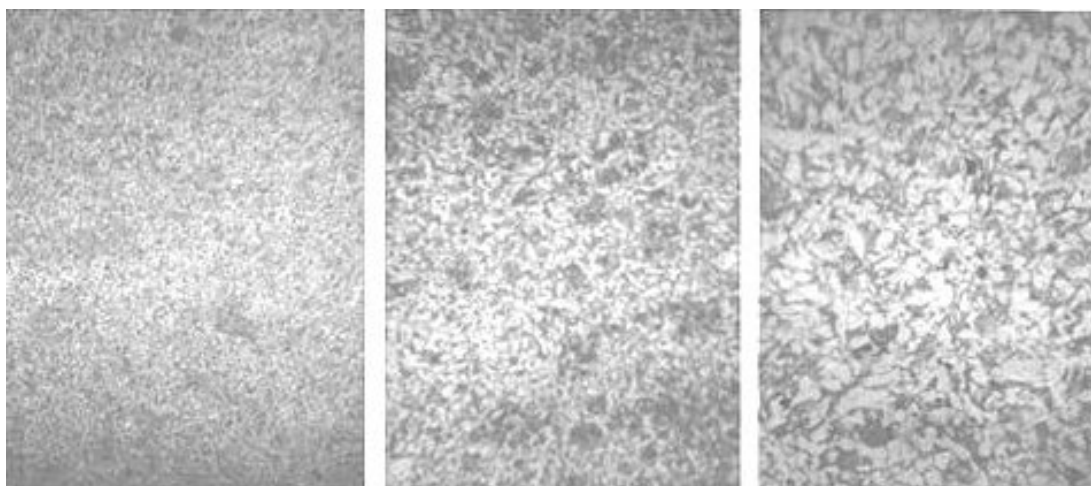
ბ) x400

გ) x800_კ

ნახ. 5 ა, ბ, გ - ფოლადი 18AΦT (N_ღ6.7874), არმატურა №16 მმ, ცხლად გლინული (ნაპირი)

$\mu=50$, $\sigma_{\text{ღ}}=5756/\text{მმ}^2$; $\sigma_{\text{ბ}}=6996/\text{მმ}^2$; $\delta_{\gamma}=29\%$;
 $E_{\text{T}}=48716\text{მ}$. მე-5 ნახ-ის შედარება 1-ელ ნახ-თან
 ასეთ სურათს იძლევა: გაზრდილი დეფორმაცია
 ($\Delta\mu=30$) განაპირობებს უფრო მოწესრიგებულ

ფერიტ-პერლიტურ სტრუქტურას და მნიშე-
 ნელოვან სხვაობას სიმტკიცის მანვენებლებს
 შორის $\Delta\sigma_{\text{ღ}}=49 \text{ ნ/მმ}^2$; $\Delta\sigma_{\text{ბ}}=39 \text{ ნ/მმ}^2$.



ა) x100

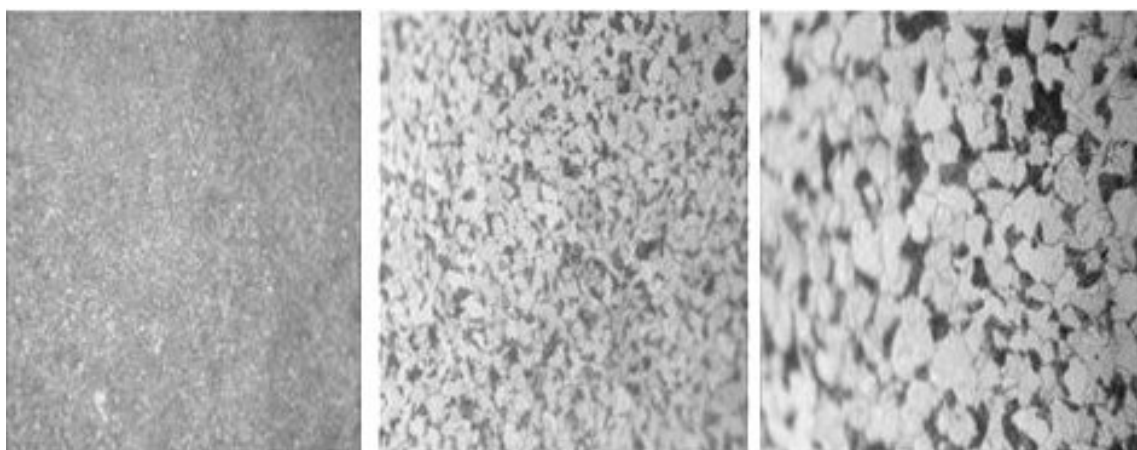
ბ) x400

გ) x800_კ

ნახ. 6 ა, ბ, გ - ფოლადი 18AΦT (N_{დგ}.7874), არმატურა №16 მმ, თერმულად დამუშავებული (ნაპირი)

$\mu=50$, $\sigma_{\text{ღ}}=8116/\text{მმ}^2$; $\sigma_{\text{ბ}}=8736/\text{მმ}^2$; $\delta_{\gamma}=18\%$, $E_{\text{T}}=42706\text{მ}$. თავიდან ცხელი პლასტიკური დეფორმაციის გავლენით მიმდინარეობს განმტკიცების პროცესი, რომელიც მაქსიმუმს აღწევს, რასაც მოსდევს დინამიკური პოლიგონიზაცია და დინამიკური რეკრისტალიზაცია, ჩნდება

დაღმავალი უბანი. დეფორმაციის გაგრძელებით მყარდება წონასწორობა განმტკიცება-„დაბილები“ პროცესებს შორის. დეფორმაციის დამთავრება XVI უჯრედზე ქმნის ზ/ა პირობებს. სახეზეა დაღმავალი უბნის სტრუქტურები.



ა) x100

ბ) x400

გ) x800_კ

სურ. 7. ა, ბ, გ - ფოლ. 18AΦT ნად. 71143, არმატურა №12მმ ცხლად გლინვის შემდეგ

სტრუქტურა ფერიტ-პერლიტურია, შეიმჩნევა სტრუქტურული ორიენტაცია – გარკვეული, წერილმარცვლოვანი სტრუქტურა $\sigma=5196/\text{მმ}^2$ $\delta=27=20+7\%$, $E_{\text{T}}=24406\text{მ}$.

დასკვნა

1. საქარხნო ექსპერიმენტებზე დაყრდნობით, სტაბილური შედეგების მისაღებად აუცილებელია, ტექნოლოგიურ პროცესთან ერთად, გვკონდეს სელექტირებული ფლ 3მშ:

C=0.20–0.22%, Si=0.25–0.40%; Mn=0.80–0.90%; S≤0.02%; P≤0.02% და “შლეიფი” <Ti=0.015–0.02%;

N=0.010–0.015; V=0.10–0.15%>;

2. 25^X მმ; 18^{XII} მმ; 16^{XIV} მმ; 12^{XVI} მმ პროფილებზე მიღებულია დადებითი შედეგები, ე.ი. ცხლად გლინვის შემდეგ, თერმული დამუშავების გარეშე, მიღებულია B500W არმატურა უნიფიცირებული $\sigma_{\text{დ}} \geq 500 \text{ნ/მ}^2$ დენადობის ზღვრით და კარგი შედუღებადობით (C≤0.22%; CE≤0.43%).

ლიტერატურა

1. L. Tavadze, F. Tavadze, Z. Kherodinashvili, V. Kopaleishvili, etc., Effect of high temperature plastic deformation followed by quenching on the corrosion and mechanical properties of austenitic steels. // *MiTOM – 1967*. №6. p.10 - 11. (In Russian).
2. F. Tavadze, S. Manjgaladze, V. Kopaleishvili, etc., Influence of strain rate and the initial state on the mechanical properties and corrosion resistance of steel 30XГCHA at HTTP// *Issues of metallurgy and metal corrosion*. - Tbilisi: Metsniereba, 1972, p.20-33. (In Russian).
3. V. Kopaleishvili, S. Kurashvili, R. Liparteliani, etc., HTTP of steels 30XГCA and 1X17H2 // *Posts of Academy of Sciences of Georgian SSR*.- 1974. T. №2.-p.393-396. (In Russian).
4. V. Kopaleishvili, L. Kotiashvili, I. Kashakashvili, D. Kopaleishvili, T. Makharadze, G. Chavchanidze. Evaluation of structural strength of low alloy steels based on fracture toughness (the second message) // *Transport and Mechanical Engineering*, Tbilisi, №1 (9), S.33-50, 2008 (in Georgian).
5. V. Kopaleishvili. Management of structure formation process in the production of hot-rolled seamless steel pipes for improving their quality. The thesis for the degree of Doctor of Technical Sciences. Tbilisi, 1989. Volume I, 350p., Volume II (graphic part) 189 p. (In Russian).
6. V. Parton, E. Morozov. Elastic-plastic fracture mechanics, M.: Science, 1985.- 503 p. (In Russian).

UDC 669.1.017:661.774.35

SCOPUS CODE 2506

PRODUCTION OF WELDABLE ($C \leq 0,22\%$; $C_{eq} \leq 0,43\%$) UNIFIED REBAR B500W WITH YIELD STRENGTH $\sigma_y \geq 500 \text{ N/mm}^2$, HOT ROLLED, WITHOUT HEAT TREATMENT

- V. Kopaleishvili** Department of Metallurgy, Materials Science and Metal Processing, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: v.kopaleishvili@gtu.ge
- N. Mumladze** Rustavi Steel LLC, 12 Gagarini str., 3700 Rustavi, Georgia
E-mail: n.mumladze@rustavisteel.com
- Z. Tabatadze** Rustavi Steel LLC, 12 Gagarini str., 3700 Rustavi, Georgia
E-mail: z.tabatadze@rustavisteel.com
- M. Tabagari** Department of Metallurgy, Materials Science and Metal Processing, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: archiltabagari@gmail.com
- I. Kashakashvili** Department of Metallurgy, Materials Science and Metal Processing, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str., 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: i.kashakashvili@gtu.ge
- O. Barbakadze** Rustavi Steel LLC, 12 Gagarini str., 3700 Rustavi, Georgia
E-mail: salome.b@live.ru
- R. Bakradze** Rustavi Steel LLC, 12 Gagarini str., 3700 Rustavi, Georgia
E-mail: r.bakradze@rustavisteel.com

Reviewers:

- R. Gvetadze**, Professor, Department of Metallurgy, Materials Science and Metal Processing, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, GTU
E-mail: r.gvetadze@gtu.ge
- Z. Lomsadze**, Professor, Department of Metallurgy, Materials Science and Metal Processing, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, GTU
E-mail: z.lomsadze@gtu.ge

ABSTRACT. Austenite fragmentation, increase of secondary phase dispersion, uniform distribution of alloying elements in matrix "release", bases of the alloying elements and the introduced phases in a matrix increase crack resistance. Effect of so-called "new phenomenon" is added to this factor - chemical composition of alloy + "loop" $\langle \text{Ti+N+V} \rangle$ + treatment during technological process provide so-called "new phenomenon" influence, which increases strength with plasticity preserved. For example, rolling of selected steel 3sp on bar-rolling mill + "loop" $\langle \text{Ti+N+V} \rangle$ provide weldable rebar B500W ($C \leq 0,22\%$; $C_{eq} \leq 0,43\%$) without heat treatment. Industrial approbation of this technology was successfully realized (NN25^x; 18^{xii}; 16^{xiv}; 12^{xvi} mm) and is ready for widespread embedding.

KEY WORDS: "new phenomenon" influence; chemical composition of alloy + "loop" $\langle \text{Ti+N+V} \rangle$ + treatment during technological process; strength improvement plasticity preserved.

UDC 669.1.017:661.774.35

SCOPUS CODE 2506

ПРОИЗВОДСТВО СВАРИВАЕМОЙ ($C \leq 0,22\%$; $SE \leq 0,43\%$) УНИФИЦИРОВАННОЙ АРМАТУРЫ В500W С ПРЕДЕЛОМ ТЕКУЧЕСТИ $\sigma \geq 500Н/мм^2$ В ГОРЯЧЕКАТАННОМ СОСТОЯНИИ, БЕЗ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

- Копалеишвили В.П.** Департамент металлургии, материаловедения и обработки металлов, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 69
E-mail: v.kopaleishvili@gtu.ge
- Мумладзе Н.А.** ООО „Рустави стил“, Грузия, 3700, Рустави, ул. Гагарина, 12
E-mail: n.mumladze@rustavisteel.com
- Табатадзе З.О.** ООО „Рустави стил“, Грузия, 3700, Рустави, ул. Гагарина, 12
E-mail: z.tabatadze@rustavisteel.com
- Табაგარი М.В.** Департамент металлургии, материаловедения и обработки металлов, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 69
E-mail: archiltabagari@gmail.com
- Кашакашвили И.Г.** Департамент металлургии, материаловедения и обработки металлов, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 69
E-mail: i.kashakashvili@gtu.ge
- Барбакадзе О.Г.** ООО „Рустави стил“, Грузия, 3700, Рустави, ул. Гагарина, 12
E-mail: salome.b@live.ru
- Бакрадзе Р.М.** ООО „Рустави стил“, Грузия, 3700, Рустави, ул. Гагарина, 12
E-mail: r.bakradze@rustavisteel.com

Рецензенты:

Р. Гветадзе, профессор Департамента металлургии, материаловедения и обработки металлов факультета химической технологии и металлургии ГТУ

E-mail: r.gvetadze@gtu.ge

З. Ломсадзе, профессор Департамента металлургии, материаловедения и обработки металлов факультета химической технологии и металлургии ГТУ

E-mail: z.lomsadze@gtu.ge

АННОТАЦИЯ. Фрагментация аустенита, увеличение дисперсности вторичных фаз, равномерное распределение легирующих элементов в матрице, „освобождение“ основы от них повышают трещиностойкость. К этим факторам добавилось влияние т. н. „Нового феномена“ - химический состав сплава + „шлейф“ <Ti+N+V> + обработка в технологическом процессе, что повышает прочность с сохранением пластичности. Например, прокатка селективной стали Зсп на сортопрокатном стане + „шлейф“ <Ti+N+V> обеспечивают получение без термической обработки хорошо свариваемой ($C \leq 0,22\%$; $SE \leq 0,43\%$) арматуры В500W.

Эта технология успешно прошла промышленную апробацию ($NN25^x$; 18^{xii} ; 16^{xiv} ; 12^{xvi} мм) и готова для широкого внедрения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: влияние „Нового феномена“; повышение прочности; сохранение пластичности; химический состав сплава + „шлейф“ <Ti+N+V> + обработка в технологическом процессе.

ავტორთა საძიებელი

Author's index

Указатель авторов

- | | |
|------------------------------|---------------------------|
| აბღუშელიშვილი ი. 126 | ტაბატაძე ზ. 159 |
| აბესაძე რ. 42 | ფარჩუკაშვილი ზ. 68 |
| ბააკაშვილ-ანთელავა მ. 105 | ფირალიშვილი ს. 79, 88 |
| ბარათაშვილი მ. 68 | ქაჯაია ლ. 11, 17 |
| ბარბაქაძე ო. 68, 159 | ქაშაკაშვილი ი. 68,159 |
| ბაქრაძე რ. 68, 159 | ქუთათელაძე რ. 23 |
| ბაღათურია ნ. 11, 17 | ქურდაძე გ. 42 |
| ბოკუჩავა ნ. 54 | |
| გილაური ნ. 11 | შილაკაძე ე. 30 |
| ებანოიძე ლ. 54 | ჩიქოვანი ა. 119 |
| ესაძე თ. 113, 119 | ჩხიკვაძე ლ. 49 |
| თაბაგარი მ. 159 | წილოსანი თ. 49 |
| იღურაძე ნ. 17 | ჯინჭარაძე ლ. 54 |
| ინაძე რ. 79, 88 | Balakhstan M. 132 |
| კახნიაშვილი ი. 49 | Darakhvelidze N. 146 |
| კობალეიშვილი ვ. 68, 126, 159 | Janikashvili M. 98 |
| ლეჟავა ს. 113, 119 | Kovziridze Z. 132,146 |
| ლოლაძე თ. 68 | Mchedlishvili Z. 98 |
| მაისურაძე ბ. 42 | Mestvirishvili Z. 132,146 |
| მეზონია ს. 105 | Nizharadze N. 132,146 |
| მესხი მ. 79, 88 | Tabatadze G. 146 |
| მოწონელიძე ე. 23 | Tavkheldze D. 98 |
| მუმლაძე ნ. 159 | Беридзе Д.Л. 61 |
| ოქროსცვარიძე ზ. 49 | Буркадзе Т.О. 61 |
| სიმონგულაშვილი ზ. 42 | |

ავტორთა საყურადღებოდ!

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამეცნიერო შრომების კრებული არის ყოველკვარტალური რეგულირებადი პერიოდული გამოცემა, რომელიც რეგისტრირებულია რამდენიმე საერთაშორისო მონაცემთა ბაზაში.

- სტატია (მიიღება ქართულ, ინგლისურ, რუსულ ენებზე) ქვეყნდება ორიგინალის ენაზე.
- სტატიის ავტორთა რაოდენობა არ უნდა აღემატებოდეს სამს.
- ავტორს შეუძლია საგამომცემლო სახელში პუბლიკაციისათვის მოგვარდოს ან ელექტრონული ფოსტით sagamomcemlosakhli@yahoo.com მისამართზე გამოგვიგზავნოს ერთი ან რამდენიმე სტატიის და თანმხლები დოკუმენტაციის დასკანერებული ფაილები, მაგრამ კრებულის ერთ ნომერში გამოქვეყნდება მხოლოდ ორი.

- ელ. ფოსტით სტატიის გამოგზავნის შემთხვევაში გთხოვთ გაითვალისწინოთ შემდეგი მოთხოვნები:
 - მიუთითეთ Subject ველში (თემა) კრებულის დასახელება და ავტორის (ავტორების) გვარი.
 - გამოიყენეთ Attach (ფაილის მიმაგრება).
 - დიდი მოცულობის ფაილის შემთხვევაში გამოიყენეთ არქივატორი (ZIP, RAR).

• სტატია შედგენილი უნდა იყოს წიგნიერად, მართლმეტყველებისა და ტერმინოლოგიის დაცვით. ავტორი (ავტორები) და რეცენზენტები პასუხს აგებენ სტატიის შინაარსსა და ხარისხზე.

• ვინაიდან საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომების კრებული არის არაკომერციული გამოცემა, ჩვენი მეცნიერი თანამშრომლებისა და დოქტორანტებისთვის სტატიის გამოქვეყნება უფასოა.

• საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აკადემიური საბჭოს № 200 დადგენილებით (22.01.2010წ.), ფიზიკურმა პირმა, რომელიც არ არის საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის თანამშრომელი, შრომების კრებულში სტატიის გამოქვეყნებისთვის წინასწარ უნდა შეიტანოს ან გადმორიცხოს საჭირო თანხა (1 გვერდი 10 ლარი) და სტატიის თანმხლებ დოკუმენტაციას (ორი რეცენზია და ორგანიზაციის სამეცნიერო საბჭოს მიმართვა სტატიის სტუ-ის შრომების კრებულში გამოქვეყნების შესახებ) დაურთოს გადახდის ქვითარი. გრაფაში „გადახდის დანიშნულება“ უნდა ჩაიწეროს „სტატიის გამოქვეყნების ღირებულება“.

სტუ-ის საბანკო რეკვიზიტებია: სსიპ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი; საიდენტიფიკაციო კოდი 211349192; მიმღების ბანკი: სახელმწიფო ხაზინა; მიმღების დასახელება: ხაზინის ერთიანი ანგარიში; ბანკის კოდი: TRESGE22; მიმღების ანგარიში: სახაზინო კოდი 708977259 .

გთავაზობთ სამეცნიერო სტატიის გაფორმების წესს:

- სტატია წარმოდგენილი უნდა იყოს ნაბეჭდი სახით A4 ფორმატის ფურცელზე, არანაკლებ 5 გვერდისა (არეები – 2 სმ, ინტერვალი – 1,5).

- სტატია შესრულებული უნდა იყოს doc ან docx ფაილის სახით (MS Word) და ჩაწერილი – ნებისმიერ მაგნიტურ მატარებელზე;
- ქართული ტექსტისთვის გამოიყენეთ შრიფტი Acadnuxx, ზომა 12;
- ინგლისური და რუსული ტექსტებისათვის – შრიფტი Times New Roman, ზომა 12;

სტატიას უნდა ერთვოდეს შემდეგი ინფორმაცია:

- უაკ (უნივერსალური ათობითი კლასიფიკაცია) კოდი.

ცნობები ავტორის (ავტორების) შესახებ ქართულ, ინგლისურ და რუსულ ენებზე:

- ყველა ავტორის სახელი და გვარი სრულად, E-mail-ი, სამეცნიერო წოდება და საკონტაქტო ტელეფონი;
- დეპარტამენტის დასახელება. ორგანიზაციის სრული სახელწოდება – ყოველი ავტორის მუშაობის

ადგილი, ქვეყანა, ქალაქი.

- რეცენზენტთა გვარები და სახელები სრულად, ელექტრონული ფოსტის მისამართი, სამეცნიერო წოდება, დეპარტამენტის ან სამუშაო ადგილის დასახელება.

- სტატიას უნდა ახლდეს:

- ანოტაცია ქართულ, ინგლისურ და რუსულ ენებზე (100–150 სიტყვა), *უცხოელი მკითხველისათვის ანოტაცია არის სტატიის შინაარსისა და მასში გადმოცემული კვლევის შედეგების შესახებ ინფორმაციის ერთადერთი წყარო. სწორედ იგი განსაზღვრავს ინტერესს მეცნიერის ნაშრომის მიმართ და, მამასადამე, სურვილს, დაიწყოს დისკუსია ავტორთან, გამოითხოვოს სტატიის სრული ტექსტი და ა.შ.*

ანოტაცია უნდა იყოს:

- ინფორმაციული (არ უნდა შეიცავდეს ზოგად სიტყვებსა და ფრაზებს);
- ორიგინალური (თარგმანი ინგლისურ და რუსულ ენებზე უნდა იყოს ხარისხიანი, თარგმნისას უნდა გამოვიყენოთ სპეციალური ტერმინოლოგია);
- შინაარსიანი (უნდა ასახავდეს სტატიის ძირითად შინაარსსა და კვლევის შედეგებს);
- სტრუქტურირებული (მიჰყვებოდეს სტატიაში შედეგების აღწერის ლოგიკას).

უნდა შეიცავდეს:

- სტატიის საგანს, თემას, მიზანს (რომლებსაც უთითებთ იმ შემთხვევაში, თუ ეს არ არის ცხადი სტატიის სათაურიდან);
- კვლევის ჩატარების მეთოდს ან მეთოდოლოგიას (სამუშაოს ჩატარების მეთოდის ან მეთოდოლოგიის აღწერა მიზანშეწონილია იმ შემთხვევაში, თუ იგი გამოირჩევა სიახლით, საინტერესოა მოცემული ნაშრომის თვალსაზრისით);
- კვლევის შედეგებს;
- შედეგების გამოყენების არეალს;
- დასკვნას;
- საკვანძო სიტყვებს, დალაგებულს ანბანის მიხედვით (ქართულ, ინგლისურ და რუსულ ენებზე);

- სტატიაში ქვესათაურებით გამოკვეთილ შესავალს, ძირითად ნაწილს და დასკვნას;
- ნახაზების ან ფოტოების კომპიუტერულ ვარიანტს, შესრულებულს ნებისმიერი გრაფიკული ფორმატით, გარჩევადობა – არანაკლებ 150 dpi-სა.

საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალების მონაცემთა ბაზების რეკომენდაციით, გამოყენებული ლიტერატურის რაოდენობა სასურველია იყოს არანაკლებ ათისა.

წარმოდგენთ გამოსაქვეყნებელ სტატიაში გამოყენებული ლიტერატურის გაფორმების წესს:

ყველა ავტორის გვარი და ინიციალები მოცემული უნდა იყოს ლათინური ანბანის ასოებით, ე.ი. ტრანსლიტერაციით, სტატიის სახელწოდება – თარგმნილი ინგლისურად, წყაროს (ჟურნალის, შრომების კრებულის, კონფერენციის მასალების) სახელწოდება – ტრანსლიტერაციით; გამოსასვლელი მონაცემები – ინგლისურ ენაზე (სტატიის ენა მიეთითება ფრჩხილებში).

ლიტერატურა (ნიმუში)

1. Jacques Sapir. Energy security as a common advantages.
http://www.globalaffairs.ru/rumbler/n_7780 (In Russian).
2. “Official website of the International Energy Agency:
<http://www.iea.org/topics/energysecurity/>” (In English).
3. International Energy Agency “Key World Energy Statistics” 2014 (In English).
4. Energy strategy of France McDoleg_butenko20 May, 2009 (In Russian)
5. G.G. Svanidze, V.P. Gagua, E.V. Sukhishvili “Rene-wable energy resources of Georgia”, Leningrad, Hydrometizdat, 1987, pp. 75-76 (In Russian).
6. Revaz Arveladze, Tengiz Kereselidze “The Georgian Full Independence of Electry Power Is Supported By Hydropower”. Sakartvelos Teqnikuri Universitetis Archil Eliashvilis Saxelobis Martvis sistemebis Institutis Proceedings. N18 2014. Tbilisi (In Georgian).

გთავაზობთ სტატიის წარმოდგენისთვის საჭირო დოკუმენტაციის ჩამონათვალს საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის თანამშრომლებისა და დოქტორანტებისთვის:

- ორი რეცენზია (იხ. ნიმუში)
http://publishhouse.gtu.ge/site_files/recenziis_nimushi.docx
- ფაკულტეტის საგამომცემლო საქმის დარგობრივი კომისიის ოქმის ამონაწერი (იხ. ნიმუში) http://publishhouse.gtu.ge/site_files/aqtis_forma.docx
- დოკუმენტები დამოწმებული უნდა იყოს ფაკულტეტის ბეჭდით.

Guide for authors!

Collection of Academic Works of Georgian Technical University is a quarterly refereed periodical included in several international journal lists.

- An article (accepted in Georgian, English or Russian) shall be published in the original language.
- An article shall have no more three authors.
- Authors shall submit original copies of one or more articles for publication to the publishing house or scan versions at sagamomcemlosakhli@yahoo.com along with supporting documentation, but only two articles from the same author(s) shall be published in one edition.
- To submit scan versions via email please follow the instructions:
 - in the Subject line indicate the collection of works and the name(s) of author(s).
 - attach the file(s) properly.
 - use ZIP or RAR file compressors in case of large files to attach.
- The writing shall be literal, well-structured and apply proper terminology to convey the author's constructive arguments relevant to the subject. The authors and reviewers are responsible for the content and quality of an article.
- The collection of works of GTU is a non-commercial publication and running the articles of our researchers and for PhD students is free of charge.
- According to the No.200 decision of the GTU Academic Board (22.01.2010), authors who are not the employees at the University, should make the preliminary payment by cash or transfer to have their work published (GEL 10 per page). Copy of the payment receipt should be enclosed with the supporting documentation (two reviews and a reference by the organization's academic board on publishing the article in GTU collection of works). "Cost of article publication" shall appear as subject in the "purpose of payment" field.

GTU bank details: LEPL Georgian Technical University; organization's identification number 211349192; beneficiary bank: State Treasury; beneficiary: joint treasury account; bank code: TRESGE22; Account number: treasury code 708977259.

How to form an academic article:

- The text should be presented in print-out form (A4), no less than 5 pages (edges 2 cm, paragraph spacing 1,5;
- Only MS Word versions of texts are accepted (doc or docx) presented electronically on any storage device;
- For Georgian texts use Acadnux, font size 12 pt;
- For English and Russian texts use Times New Roman, font size 12 pt;

The accompanying information for the article should include:

- Universal Decimal Classification (UDC)

Information about the author(s) in Georgian, English and Russian:

- Full name, academic title, email and phone number of each author;
- Department, full name of organization – place of employment of each author, area/town, country;
- Full name, email address, academic title, department or place of employment of each reviewer.

- The article shall include:

- An abstract in Georgian, English and Russian (100–150 words long), **for foreign readers an abstract is the only source of information about the content of an article and results of research conveyed by it. An abstract therefore defines the reader’s interest towards the article and possibility of further outreach to the author for the full text, etc.**

An abstract shall be:

- Informative (free of generalized terms and statements);
- Original (with quality translations in English and Russian with the proper application of terminology);
- Specific (conveying the core content of an article);
- Properly structured (consistent with the research results given in the article).

An abstract shall contain:

- The subject, topic and objective of an article (indicated in case if these are not clear from the title);
- Method or methodology of research performed (expected to be described when and if this method or methodology are new and interesting with reference to the article);
- Research results;
- Area of application of research results;
- Conclusion;
- Key words sorted by alphabet (Georgian, English and Russian);
- Digital version of drawings or images in any graphic format, resolution 150 dpi;

International Academic Journal Database recommends that the references include no less than ten sources.

How to form the reference section in the article:

Name and surname of each author shall be given in Latin letter initials, title of the articles – translated in English, name of the source (journal, collection of works, conference materials) – with transliteration (original language of the article will be indicated in brackets).

References (sample)

1. Jacques Sapir. Energy security as a common advantages.
http://www.globalaffairs.ru/rumbler/n_7780 (In Russian).
2. “Official website of the International Energy Agency:
<http://www.iea.org/topics/energysecurity/>” (In English).
3. International Energy Agency “Key World Energy Statistics” 2014 (In English).
4. Energy strategy of France McDoleg_butenko20 May, 2009 (In Russian)
5. G.G. Svanidze, V.P. Gagua, E.V. Sukhishvili “Rene-wable energy resources of Georgia”, Leningrad, Hydrometizdat, 1987, pp. 75-76 (In Russian).
6. Revaz Arveladze, Tengiz Kereselidze “The Georgian Full Independence of Electry Power Is Supported By Hydropower”. Sakartvelos Teqniki Universitetis Archil Eliashvilis Saxelobis Martvis sistemebis Institutis Proceedings. N18 2014. Tbilisi (In Georgian).

Requirements for submission of articles by the employees and for PhD students of Georgian Technical University:

- Two reviews (see the sample at)
http://publishhouse.gtu.ge/site_files/recenziis_nimushi.docx
- Minutes of the sectoral committee of the faculty publishing (see the sample at)
http://publishhouse.gtu.ge/site_files/aqtis_forma.docx
- Documents shall be verified with the faculty stamp.

К сведению авторов!

Сборник научных трудов Грузинского технического университета является ежеквартальным реферируемым периодическим изданием, которое зарегистрировано в нескольких международных базах данных.

- Статьи (принимаются на грузинском, английском, русском языках) публикуются на языке оригинала.
- Количество авторов статьи не должно превышать 3.
- Автор может предоставлять для публикации в Издательском доме или по электронной почте (на следующий адрес sagamotsemlosakhli@yahoo.com), или в сканированных файлах с сопутствующей документацией одну или несколько статей, но в одном номере могут быть опубликованы только две работы.

- В случае статей, присылаемых по эл. почте, просьба предусмотреть следующие требования:

- указать в эл. Subject-е название сборника (тема) и фамилию автора (авторов);
- использовать Attach (приложить файл);
- в случае большого объема файла применить архиватор (ZIP, RAR).

- Статья должна быть составлена грамотно, с соблюдением терминологии. Автор (авторы) и рецензенты несут ответственность за содержание и качество статьи.

- Поскольку сборник трудов Грузинского технического университета является некоммерческим изданием, для сотрудников статьи публикуются бесплатно.

- Согласно постановлению академического совета №200 (22.01.2010 г.), физическое лицо, не являющееся сотрудником университета, для публикации статьи в сборнике трудов должно заранее внести или перечислить необходимую сумму (1 страница стоит 10 лари) за статью и соответствующую документацию (две рецензии и направление научного совета организации о публикации статьи в сборнике трудов ГТУ), приложив справку об оплате. В графе «Назначение оплаты» следует записать «стоимость публикации статьи».

Банковские реквизиты ГТУ: Юридическое лицо публичного права (ЮЛПП); Грузинский технический университет; идентификационный код 211349192; банк приема; государственная казна; название получателя: единый счет казны; код банка: TRESGE22; счет получателя: код казны 708977259.

Предлагаем порядок оформления научной статьи:

- статья должна быть представлена в напечатанном виде на странице формата А4, содержать не меньше 5 страниц (поля – 2 см, интервал – 1,5);
- статья должна быть выполнена в виде файла doc или docx (MS Word) и записана на любом магнитном проводнике;
- для грузинского текста применять шрифт Acadnusx, размер 12;
- шрифт для английского и русского текстов Times New Roman, размер 12;

Статья должна сопровождаться следующей информацией:

- код УДК (Универсальная десятичная классификация).

Сведения об авторе (авторах) на грузинском, английском и русском языках:

- полностью имя и фамилия автора (авторов), E-mail, научная степень и контактный телефон;
- название департамента, полное название организации – место работы каждого автора – страна, город;
- полностью фамилии и имена рецензентов, адрес электронной почты, научное звание, название департамента или места работы.

• К статье должны прилагаться:

- аннотация на грузинском, английском и русском языках (100-150 слов). **Для иностранных читателей аннотация является единственным источником информации о результатах исследований, приведенных в содержании статьи. Именно это определяет интерес ученого к работе и, соответственно, желание начать дискуссию с автором, познакомиться с полным текстом статьи и т.д.**

Аннотация должна быть:

- информационной (не должна содержать общих слов и фраз);
- оригинальной (перевод на английском и русском языках должен быть качественный, при переводе следует использовать специальную терминологию);
- содержательной (должна отражать основное содержание статьи и результаты исследования);
- структурированной (следовать в статье логике описания результатов).

Статья должна содержать:

- предмет статьи, тему, цель (которые указывают в том случае, если это не ясно из заглавия статьи);
- метод или методологию проведенного исследования (описание метода или методологии проведенной работы целесообразно в том случае, если они выделяются новизной, интересны с точки зрения данной работы);
- результаты исследования;
- ареал использования результатов;
- выводы;
- ключевые слова, расположенные по алфавиту (на грузинском, английском и русском языках);
- в статье должны быть выделены подзаголовки: введение, основная часть и заключение (выводы);
- компьютерные варианты чертежей или фотографий должны быть выполнены в любом графическом формате, разрешением – не менее 150 dpi.

По рекомендации базы данных международных научных журналов, число использованной литературы желательно должно быть не меньше 10.

Представляем порядок оформления в публикуемой статье использованной литературы:

Фамилия и инициалы всех авторов должны быть выполнены буквами латинского алфавита, т.е. транслитерацией; название статьи с переводом на английский язык; название источников (журнала, сборника трудов, материалов конференции) – транслитерацией (язык статьи указан в скобках).

Литература (Образец)

1. Jacques Sapir. Energy security as a common advantages.
http://www.globalaffairs.ru/rumbler/n_7780 (In Russian).
2. "Official website of the International Energy Agency:
<http://www.iea.org/topics/energysecurity/>" (In English).
3. International Energy Agency "Key World Energy Statistics" 2014 (In English).
4. Energy strategy of France McDoleg_butenko20 May, 2009 (In Russian)
5. G.G. Svanidze, V.P. Gagua, E.V. Sukhishvili "Rene-wable energy resources of Georgia", Leningrad, Hydrometizdat, 1987, pp. 75-76 (In Russian).
6. Revaz Arveladze, Tengiz Kereselidze "The Georgian Full Independence of Electry Power Is Supported By Hydropower". Sakartvelos Teqnikuri Universitetis Archil Eliashvilis Saxelobis Martvis sistemebis Institutis Proceedings. N18 2014. Tbilisi (In Georgian).

Для представления статьи должен быть приложен перечень необходимых документов для сотрудников и докторантов Грузинского технического университета:

- две рецензии (см. образец)
http://publishhouse.gtu.ge/site_files/recenziis_nimushi.docx
- выписка из протокола отраслевой комиссии по издательскому делу факультета (см. образец)
http://publishhouse.gtu.ge/site_files/aqtis_forma.docx
- документы должны быть удостоверены печатью факультета.

რედაქტორები: ლ. მამალაძე, ქ. მაჭარაშვილი, მ. პრეობრაჟენსკაია
კომპიუტერული უზრუნველყოფა ე. ქარჩავასი

გადაეცა წარმოებას 11.01.2015. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 31.03.2016. ქაღალდის ზომა
60X84 1/8. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 11. ტირაჟი 100 ეგზ.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, კოსტავას 77



Verba volant,
scripta manent